

MOTOR, ASSEMBLING OF MOTOR, AND ALIGNER

Patent number: JP2000312465
Publication date: 2000-11-07
Inventor: TANAKA KEIICHI
Applicant: NIKON CORP
Classification:
- **international:** H02K41/03; G03F7/20; H01L21/027; H01L21/68
- **european:**
Application number: JP19990117469 19990426
Priority number(s):

Report a data error here

Abstract of JP2000312465

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the drive performance, while reducing the adverse magnetic effects in the environments, in an electromagnetically driven motor.

SOLUTION: A magnetic pole unit 59 constituting a movable member 51 consists of a plurality of vertically magnetized magnets, which constitute a first magnet group and a plurality of horizontally magnetized magnets which constitute a second magnet group and are adjacent to the magnets constituting the first magnet group. The first and the second magnet group are magnetically coupled by means of a magnetic member on the side facing an armature unit 61 and on the opposite side. Using the magnets constituting the first magnet group and those constituting the second magnet group as a source of a magnetomotive force, a magnetic circuit is formed which reduces the leakage magnetic flux of the magnetic pole unit 59 on the side facing the armature unit 61 and on the opposite side.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Patent Abstracts of Japan

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
H 0 2 K 41/03		H 0 2 K 41/03	A 5 F 0 3 1
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/68	K 5 H 6 4 1
21/68		21/30	5 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 19 頁)

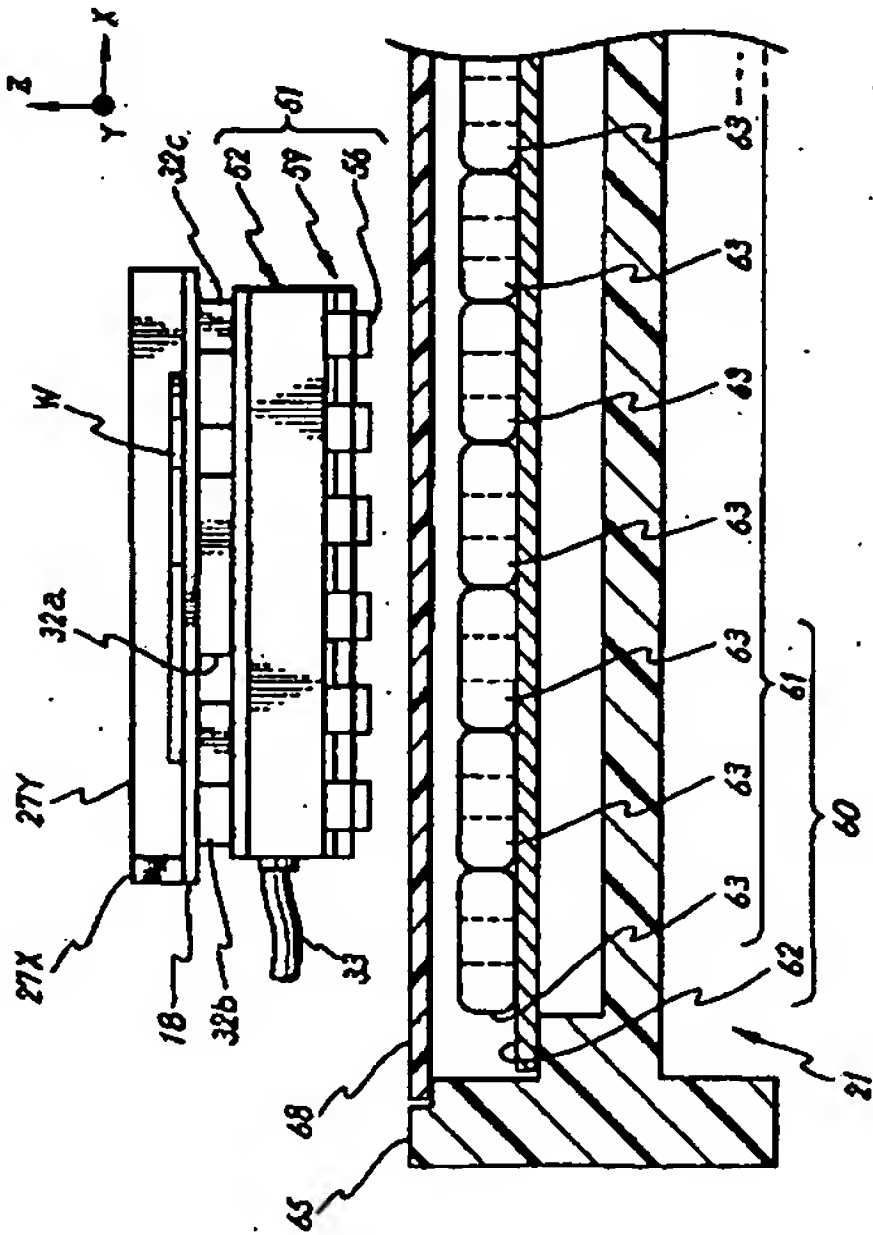
(21)出願番号	特願平11-117469	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22)出願日	平成11年4月26日(1999.4.26)	(72)発明者	田中 慶一 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
		(74)代理人	100102901 弁理士 立石 篤司 (外1名) Fターム(参考) 5F031 CA02 CA05 CA07 HA57 LA08 MA27 5F046 AA28 CC01 CC02 CC19 5H641 BB03 BB10 BB15 BB19 GG02 GG08 GG11 HH03 HH13 JA07 JA09 JA18 JB09

(54)【発明の名称】 モータ装置及びモータ装置の組み立て方法、並びに露光装置

(57)【要約】

【課題】 電磁力駆動方式のモータ装置において、周囲への磁気的な悪影響を低減しつつ、駆動性能を向上する。

【解決手段】 可動子51を構成する磁極ユニット59において、第1の磁石群を構成する垂直磁化された複数の磁石と、第2の磁石群を構成し、第1の磁石群を構成する磁石に隣接する、水平磁化された複数の磁石から成るとを、電機子ユニット61に対向する側と反対側において磁性体部材によって磁気的に結合し、第1の磁石群を構成する磁石と第2の磁石群を構成する磁石とを起磁力源とし、磁極ユニット59の電機子ユニット61に対向する側と反対側への漏れ磁束が低減される磁気回路を構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電機子ユニットと、該電機子ユニットに対向する磁極ユニットとを備え、電磁相互作用によって前記電機子ユニットと前記磁極ユニットとを相対移動させるモータ装置において、

前記磁極ユニットは、前記磁極ユニットの前記電機子ユニットに対する対向面に沿って所定間隔で配設され、前記対向面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石から成る第1の磁石群と；前記第1の磁石群を構成する磁石に隣接し、前記対向面とほぼ平行な方向に磁化された複数の磁石から成る第2の磁石群と；前記第1の磁石群を構成する各磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側に設けられた磁性体部材とを備えることを特徴とするモータ装置。

【請求項2】 前記第1の磁石群を構成する各磁石は、前記相対移動の方向である1次元方向に沿って所定間隔で配設され、前記第2の磁石群を構成する各磁石は、前記第1の磁石群を構成する磁石の配列において相互に隣接する磁石相互間の空間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のモータ装置。

【請求項3】 前記第1の磁石群を構成する各磁石は、2次元方向に沿って所定間隔で配設され、前記第2の磁石群を構成する各磁石は、前記第1の磁石群を構成する磁石の配列において相互に隣接する磁石相互間の空間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のモータ装置。

【請求項4】 前記第1の磁石群を構成する各磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側の面は、前記第2の磁石群を構成する各磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側の面よりも所定量Tだけ引っ込んでおり、前記相互に隣接する前記第2の永久磁石群を構成する磁石相互間にそれぞれ形成された前記所定量Tの深さの凹部のそれぞれに嵌合する複数の前記磁性体部材が設けられていることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載のモータ装置。

【請求項5】 前記所定量Tは、前記磁性体部材の透磁率と飽和磁束密度を考慮して前記漏れ磁束が許容値以下となるように決定されていることを特徴とする請求項4に記載のモータ装置。

【請求項6】 前記磁性体部材には前記電機子ユニットと反対側からねじを螺合可能なねじ穴が形成され、前記ねじ穴を介して前記第1の磁石群、第2の磁石群及び前記磁性体部材から成る磁石アセンブリがねじ止めされた非磁性体板を更に備えることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載のモータ装置。

【請求項7】 前記第1の磁石群を構成する各磁石は、永久磁石であることを特徴とする請求項1～6のいずれか一項に記載のモータ装置。

【請求項8】 前記第2の磁石群を構成する各磁石は、

永久磁石であることを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載のモータ装置。

【請求項9】 前記第1の磁石群を構成する各磁石及び前記第2の磁石群を構成する各磁石の少なくとも一方は、直方体の磁石であることを特徴とする請求項1～8のいずれか一項に記載のモータ装置。

【請求項10】 前記電機子ユニットは、前記第1の磁石群を構成する各磁石の磁化方向と交差する方向の電流経路を有する電機子コイルを備えることを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載のモータ装置。

【請求項11】 前記電機子ユニットは、前記磁石ユニットと反対側で前記電機子コイルを保持する板状の保持部材を更に備えることを特徴とする請求項10に記載のモータ装置。

【請求項12】 前記保持部材は、非磁性体材料から成ることを特徴とする請求項11に記載のモータ装置。

【請求項13】 前記保持部材は、磁性体材料から成ることを特徴とする請求項12に記載のモータ装置。

【請求項14】 請求項6に記載のモータ装置の組み立て方法であって、

前記第1の磁石群、第2の磁石群を構成する各磁石及び前記磁性体部材を前記位置関係で接着固定して前記磁石アセンブリを組み立てる第1工程と；前記組み立てられた磁石アセンブリを前記非磁性体板にねじ止めする第2工程とを含むことを特徴とするモータ装置の組み立て方法。

【請求項15】 エネルギービームにより基板を露光して所定のパターンを前記基板上に転写する露光装置であって、

前記基板を保持する基板ステージに請求項1～13のいずれか一項に記載のモータ装置を用いたことを特徴とする露光装置。

【請求項16】 マスクのパターンを基板上に転写する露光装置であって、

前記マスクを保持するマスクステージ及び前記基板を保持する基板ステージの少なくとも一方に請求項1～13のいずれか一項に記載のモータ装置を用いたことを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、モータ装置及びモータ装置の組み立て方法、並びに露光装置に係り、さらに詳しくは、電磁力を駆動力とするモータ装置及び該モータ装置の組み立て方法、並びに前記モータ装置をステージ装置に用いた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布された

ウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「感応基板又はウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。これらの種類の投影露光装置では、レチクルに形成されたパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写する必要から、ウエハを保持して2次元移動可能なステージ装置が設けられている。

【0003】かかるステージ装置には、高精度露光のために高精度の位置制御性が求められており、また、露光動作のスループット向上のために高速の位置制御性が求められている。これに応じて、近年では、ウエハをより高速に、機械的な案内面の精度等に影響されず高精度に位置制御を行うとともに、機械的な摩擦を回避して長寿命とするために、ウエハが載置されたテーブルを非接触で2次元方向に駆動することにより、ウエハを位置制御するステージ装置が開発されている。かかる非接触駆動のステージ装置の駆動源としては、可変磁気抵抗駆動方式のリニアパルスモータを2軸分結合させた構造の平面モータを用いたステージ装置や、例えば特開昭58-175020号公報、米国特許（USP）第5196745号公報等に記載されているような電磁力駆動方式を採用した駆動装置としての平面モータ装置を用いたステージ装置が提案されている。

【0004】電磁力駆動方式はローレンツ力に基づく理論的設計が容易であり、高帯域まで電流と推力との線形性が良く、かつ無鉄心の場合には推力むらも少ないため、制御性に優れている利点があったが、可変磁気抵抗駆動方式並みの駆動力を得ることが従来は困難であった。しかし、最近における永久磁石の高性能化は目覚しく、エネルギー積が40MGOe以上の高性能磁石が市場に出始めてきており、電磁力駆動方式が脚光を集めている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の電磁力駆動方式の平面モータ装置において、低エネルギー積の磁石に代えて上記のような高性能磁石を使用することにより、駆動力の向上を図ることはたしかに可能である。しかし、希土類物を焼結して製造される希土類磁石に代表されるような上記の高性能磁石は、従来の低エネルギー積の永久磁石と比べて、はるかに高い保磁力と残留磁束密度とを有しているという特徴がある。このため、従来の低エネルギー積の永久磁石を使用した場合には、減磁のために好ましくなかった、同一の極性の磁極面を対向することが、高性能磁石を使用した場合には可能となる。したがって、従来の電磁力駆動方式の平面モータ装置において、単に、低エネルギー積の磁石を高エネルギー積の高性能磁石に置き換えることだけでは、該高性能磁石の特性を生かした構成とはなっていない。

【0006】また、高性能磁石を使用した場合には、発生する磁束の磁束密度が高くなるので、外部に漏れる磁束による周辺部品や周辺装置への悪影響の防止に関する考慮が、従来と比べて重要な設計要素となる。

【0007】すなわち、現在、高性能磁石を用いて平面モータ装置を構成するにあたっての新たな技術が待望されているのである。

【0008】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、周囲への磁気的な悪影響を低減しつつ、駆動性能の向上を図ることが可能な平面モータ装置及びその組み立て方法を提供することにある。

【0009】また、本発明の第2の目的は、高い露光精度を維持しつつ、スループットを向上可能な露光装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のモータ装置は、電機子ユニット（61）と、該電機子ユニットに対向する磁極ユニット（59）とを備え、電磁相互作用によって前記電機子ユニットと磁極ユニットとを相対移動させるモータ装置において、前記磁極ユニットは、前記磁極ユニットの前記電機子ユニットに対する対向面に沿って所定間隔で配設され、前記対向面とほぼ直交する方向に磁化された複数の磁石（71N、71S、72N、73N、73S）から成る第1の磁石群と；前記第1の磁石群を構成する磁石に隣接し、前記対向面とほぼ平行な方向に磁化された複数の磁石（74、75）から成る第2の磁石群と；前記第1の磁石群を構成する各磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側に設けられた磁性体部材（77、78、79）とを備えることを特徴とする。

【0011】これによれば、電機子ユニットに流れる電流と相互作用してローレンツ力を発生する磁束の磁気回路において、磁極ユニットの電機子ユニットに対向する側と反対側で、磁気抵抗の小さな磁性体部材が第1の磁石群と第2の磁石群とを磁気的に効率良く結合することができるので、磁極ユニットの電機子ユニットに対向する側と反対側の空間へ漏れ出る磁束量を低減することができる。すなわち、電機子ユニットに対向する側と反対側から見たときに、磁気回路が、第1の磁石群、第2の磁石群、及び磁性体部材で実質的に閉じる構成とすることができるので、磁極ユニットの電機子ユニットに対向する側と反対側への漏れ磁束を磁気的にシールドすることができる。このため、磁極ユニットの電機子ユニットに対向する側と反対側に配置される周辺部品や周辺装置における漏れ磁束量や磁場変動量を低減することができる。

【0012】また、第1の磁石群と第2の磁石群とを起磁力源とするので、磁極ユニットに対向する電機子ユニットにおける電流経路において高密度の磁束を発生することができる。さらに、起磁力を有していない磁性体部

材を、第1の磁石群を構成する各磁石についてのみ電機子ユニットに対向する側と反対側に配置しているので、磁性体部材の重量を低減することができる。

【0013】したがって、周囲への磁気的な影響を低減しつつ、磁極ユニットと電機子ユニットとの相対駆動の性能を向上することができる。

【0014】なお、本発明のモータ装置では、第1の磁石群を構成する各磁石の磁化方向が、第1の磁石群を構成する磁石の配列において隣り合う磁石では互いに反対方向であり、かつ、第2の磁石群を構成する磁石における第1の磁石群を構成する磁石との隣接面（磁極面）の極性が、隣接している第1の磁石群を構成する磁石の電機子ユニット側の磁極面と極性と同一であることが好ましい。かかる場合には、第1の磁石群と第2の磁石群との起磁力を効率的に使用しながら、第1の磁石群を構成する磁石の配列周期に応じた周期的な磁束を、磁極ユニットの電機子ユニット側に発生することができる。

【0015】本発明のモータ装置については、リニアモータ装置として構成することも可能であるし、また、平面モータ装置として構成することも可能である。本発明のモータ装置をリニアモータ装置として構成する場合には、前記第1の磁石群を構成する各磁石を、前記相対移動の方向である1次元方向に沿って所定間隔で配設し、前記第2の磁石群を構成する各磁石を、前記第1の磁石群を構成する磁石の配列において相互に隣接する磁石相互間の空間に配置すればよい。また、本発明のモータ装置を平面モータ装置として構成する場合には、前記第1の磁石群を構成する各磁石を、2次元方向に沿って所定間隔で配設し、前記第2の磁石群を構成する各磁石を、前記第1の磁石群を構成する磁石の配列において相互に隣接する磁石相互間の空間に配置すればよい。

【0016】また、本発明のモータ装置では、前記第1の磁石群を構成する各磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側の面が、前記第2の磁石群を構成する各磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側の面よりも所定量Tだけ引っ込んでおり、前記相互に隣接する前記第2の磁石群を構成する磁石相互間にそれぞれ形成された前記所定量Tの深さの凹部のそれぞれに嵌合する複数の前記磁性体部材が設けられる構成とすることができる。かかる場合には、互いに隣接する第1の磁石群を構成する磁石と第2の磁石群を構成する磁石とは、直接にあるいは磁気抵抗の小さな磁性体部材を介して磁気的に結合されるので、前記磁極ユニットの前記電機子ユニット側と反対側の空間への漏れ磁束の量を低減しつつ、磁極ユニットに対向する電機子ユニットにおける電流経路において高密度の磁束を発生することができる。

【0017】ここで、磁性体部材は、第1の磁石群を構成する磁石の前記電機子ユニットに対向する側と反対側の磁極面と、その磁極面から所定量Tだけ飛び出している第2の磁石群を構成する磁石の磁極面の領域とを磁気

的に結合するが、その磁気的な結合能力には限界がある。かかる磁性体部材の磁気的な結合能力は、磁性体部材の透磁率、飽和磁束密度、及び磁束経路の体積に依存する。そして、結合能力を超える磁束を磁性体部材を介して導こうとすると、周囲の空間への磁束の漏れが生じる。

【0018】そこで、前記所定量Tを、前記磁性体部材の透磁率と飽和磁束密度を考慮して、前記磁極ユニットの前記電機子ユニット側と反対側への漏れ磁束が許容値以下となるように決定する。ここで、所定量Tを大きくすると、磁性体部材は飽和しにくくなるが、第1の磁石群を構成する磁石の磁極面間の厚さが薄くなり起磁力が小さくなる。したがって、所定量Tを、電機子ユニット側と反対側への漏れ磁束が許容値以下となる値の中で最小の値を採用することが望ましい。

【0019】また、本発明のモータ装置では、前記磁性体部材には前記電機子ユニットと反対側からねじを螺合可能なねじ穴（77a, 78a, 79a）が形成され、前記ねじ穴を介して前記第1の磁石群、第2の磁石群及び前記磁性体部材から成る磁石アッセンブリがねじ止めされた非磁性体板（53）を更に備える構成とすることができる。かかる場合には、強固な機械的結合のためのねじ穴の加工が困難な、希土類物の焼結体を磁石材料として用いた場合であっても、ねじ穴の加工が可能な磁性体材料を選択し、その磁性体材料から成る磁性体部材にねじ穴を形成することができる。したがって、前記非磁性体板と磁石アッセンブリとをねじによって機械的に強固に結合するでき、非磁性体板を含む種々の構造体（例えば、浮上支持のための構造体）と磁石アッセンブリとを機械的に強固に結合することができる。なお、磁性体部材とねじ止めされた部材を磁気抵抗の大きな非磁性体板としているので、非磁性体部材への磁束の漏れは少なく、磁極ユニットに対向する電機子ユニットにおける電流経路において高密度の磁束を発生することができる。

【0020】また、本発明のモータ装置では、前記第1の磁石群を構成する各磁石を、永久磁石とすることができる。かかる場合には、起磁力発生のための電気配線等が不要なので、第1の磁石群を簡易な構成とすることができる。

【0021】また、本発明のモータ装置では、前記第2の磁石群を構成する各磁石を、永久磁石とすることができる。かかる場合には、起磁力発生のための電気配線等が不要なので、第2の磁石群を簡易な構成とすることができる。

【0022】なお、磁極ユニットをモータ装置における可動子の構成要素とするときには、第1の磁石群を構成する各磁石や第2の磁石群を構成する各磁石を永久磁石とすることは、可動子への電気配線接続の低減あるいは省略の観点から特に有効である。

【0023】また、本発明のモータ装置では、前記第1

の磁石群を構成する各磁石及び前記第2の磁石群を構成する各磁石の少なくとも一方を、直方体の磁石とすることができる。かかる場合には、磁極ユニットの組み立てが容易となる。例えば、第1の磁石群を構成する各磁石を直方体の磁石とすると、第1の磁石群を構成する磁石と第2の磁石群を構成する磁石とを互い隣接させるのにあたって、第2の磁石群を構成する磁石の磁極面が平面である通常の形状とするだけで、第1の磁石群を構成する磁石と第2の磁石群を構成する磁石との接触面積を確保できるので、接着剤等による機械的な結合を簡易に行うことができ、磁極ユニットの組み立てが容易となる。さらに、第2の磁石群を構成する各磁石を直方体の磁石とすると、磁極ユニットを構成する各磁石の取り扱いが容易となるので、磁極ユニットの組み立てが容易となる。

【0024】また、本発明のモータ装置では、前記電機子ユニットを、前記第1の磁石群を構成する各磁石の磁化方向と交差する方向の電流経路を有する電機子コイルを備えて構成することができる。かかる場合には、電機子コイルに供給する電流を制御することにより、電機子コイルに発生し、磁極ユニットと電機子ユニットとの相対移動の駆動力となるローレンツ力を、制御性、線形性良く、所望の大きさ及び所望の方向に発生させることができる。

【0025】また、本発明のモータ装置では、前記電機子ユニットは、前記磁石ユニットと反対側で前記電機子コイルを保持する板状の保持部材(62)を更に備えることができる。かかる場合には、駆動力の発生による電機子コイルの変形を防止することができるので、安定した駆動が可能となる。

【0026】ここで、前記保持部材を非磁性体材料から構成してもよいし、また、磁性体材料から構成してもよい。保持部材を非磁性体材料から構成すると、保持部材の電機子コイル保持面と垂直方向及び平行方向の成分を有する磁束を発生させることができるので、保持部材の電機子コイル保持面に沿って磁極ユニットと電機子ユニットとを相対駆動させるとともに、保持部材の電機子コイル保持面の直交方向について磁極ユニットと電機子ユニットとを相対駆動させることができる。一方、保持部材を磁性体材料から構成すると、保持部材の電機子コイル保持面と垂直方向に大きな成分を有する磁束を発生させることができるので、保持部材の電機子コイル保持面に沿って、大きな駆動力で磁極ユニットと電機子ユニットとを相対駆動させることができる。

【0027】本発明のモータ装置の組み立て方法は、上述の前記磁性体部材にねじ穴が形成され、該ねじ穴を介して磁石アセンブリがねじ止めされた非磁性体部材を更に備える本発明のモータ装置の組み立て方法であって、前記第1の磁石群、第2の磁石群を構成する各磁石及び前記磁性体部材を前記位置関係で接着固定して前記

磁石アセンブリを組み立てる第1工程と；前記組み立てられた磁石アセンブリを前記非磁性体板にねじ止める第2工程とを含むことを特徴とする。

【0028】これによれば、まず第1工程において、第1の磁石群、第2の磁石群を構成する各磁石及び磁性体部材が、接着剤等及び磁氣的吸引力によって強固に接合されて、磁石アセンブリが組み立てられる。そして、第2工程において、磁石アセンブリと非磁性体板とをねじによって強固に固定する。このため、非磁性体板を含む種々の構造体と磁石アセンブリとが機械的に強固に結合されたモータ装置を容易に組み立てることができる。

【0029】本発明の第1の露光装置は、エネルギービームにより基板(W)を露光して所定のパターンを前記基板上に転写する露光装置であって、前記基板を保持する基板ステージに本発明のモータ装置(50)を用いたことを特徴とする。

【0030】これによれば、所定のパターンが転写される基板を保持する基板ステージに本発明のモータ装置を用いるので、周辺の部品又は装置への漏れ磁束や周辺の部品又は装置における磁場変動を低減しつつ、制御性良く高速に基板を移動させることができる。したがって、高精度のパターン転写をスループットを向上して行うことができる。

【0031】本発明の第2の露光装置は、マスク(R)のパターンを基板(W)上に転写する露光装置であって、前記マスクを保持するマスクステージ及び前記基板を保持する基板ステージの少なくとも一方に本発明のモータ装置(50)を用いたことを特徴とする。

【0032】これによれば、パターンが形成されたマスクを保持するマスクステージとパターンが転写される基板を保持する基板ステージとの少なくとも一方に本発明のモータ装置を用いるので、周辺の部品又は装置への漏れ磁束や周辺の部品又は装置における磁場変動を低減しつつ、制御性良く高速に基板を移動させることができる。したがって、高精度のパターン転写をスループットを向上して行うことができる。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図1～図15に基づいて説明する。図1には、一実施形態に係る露光装置100の全体的な構成が概略的に示されている。この露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン露光方式の走査型露光装置である。

【0034】この露光装置100は、照明系10、マスクとしてのレチクルRを保持するレチクルステージRST、投影光学系PL、基板としてのウエハWをXY平面内でXY2次元方向に駆動するステージ装置30、及びこれらの制御系等を備えている。

【0035】前記照明系10は、例えば特開平9-320956号公報に開示されよう、光源ユニット、シャ

ツタ、2次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成され、図1のミラーMへ向けて照度分布のほぼ均一な露光用照明光を射出する。そして、この照明光がミラーMによってその光路が鉛直下方に折り曲げられ、レチクルR上の矩形（あるいは円弧状）の照明領域IARを均一な照度で照明する。。ここで、露光用照明光の光源としては、例えば超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線（g線、i線）や、KrFエキシマレーザ光源（発振波長248nm）、ArFエキシマレーザ光源（発振波長193nm）、あるいはF₂エキシマレーザ光源（発振波長157nm）、Kr₂（クリプトンダイマ）レーザ光源（発振波長146nm）、Ar₂（アルゴンダイマ）レーザ光源（発振波長126nm）、金属蒸気レーザ光源、YAGレーザの高調波発生装置等を使用することができる。

【0036】前記レチクルステージRST上にはレチクルRが、例えば真空吸着により固定されている。また、このレチクルステージRSTは、不図示のレチクルベース上をリニアモータ等で構成されたレチクル駆動部（図示省略）により、所定の走査方向（ここではY軸方向とする）に指定された走査速度で移動可能となっている。

【0037】レチクルステージRST上には位置検出装置であるレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」という）16からのレーザビームを反射する移動鏡15が固定されており、レチクルステージRSTのステージ移動面内の位置はレチクル干渉計16によって、例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出される。

【0038】レチクル干渉計16からのレチクルステージRSTの位置情報はステージ制御系19及びこれを介して主制御装置20に送られ、ステージ制御系19では主制御装置20からの指示に応じてレチクルステージRSTの位置情報に基づいてレチクル駆動部（図示省略）を介してレチクルステージRSTを制御する。

【0039】前記投影光学系PLは、レチクルステージRSTの図1における下方に配置され、その光軸AX（照明系10の光軸IXに一致）の方向がZ軸方向とされ、ここでは両側テレセントリックな光学配置となるように光軸AX方向に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系PLは所定の投影倍率、例えば1/5（あるいは1/4）を有する縮小光学系である。このため、照明系10からの照明光によってレチクルRの照明領域IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光により、投影光学系PLを介してレチクルRの照明領域IAR内の回路パターンの縮小像（部分倒立像）が表面にフォトリソが塗布されたウエハW上の露光領域IAに形成される。

【0040】前記ステージ装置30は、ベース21と、このベース21の上面の上方に数μm程度のクリアラン

スを介して後述する複数のエアパッド56（図3参照）によって浮上支持された基板テーブル18と、この基板テーブル18をXY面内で2次元方向に駆動する駆動装置50とを備えている。駆動装置50としては、ここでは、ベース21の上部に設けられた（埋め込まれた）固定子60と、基板テーブル18の底部（ベース対向面側）に固定された可動子51とから成る平面モータ装置が使用されている。以下の説明においては、この駆動装置50を、便宜上、平面モータ装置50と呼ぶものとする。

【0041】前記基板テーブル18上に、ウエハWが例えば真空吸着によって固定されている。また、この基板テーブル18上には位置検出装置であるウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」という）31からのレーザビームを反射する移動鏡27が固定され、外部に配置された前記ウエハ干渉計31により、基板テーブル18のXY面内での位置が例えば0.5～1nm程度の分解能で常時検出されている。ここで、実際には、図2に示されるように、基板テーブル18上には走査方向であるY軸方向に直交する反射面を有する移動鏡27Yと非走査方向であるX軸方向に直交する反射面を有する移動鏡27Xとが設けられ、ウエハ干渉計31は走査方向に1軸、非走査方向には2軸設けられているが、図1ではこれらが代表的に移動鏡27、ウエハ干渉計31として示されている。基板テーブル18の位置情報（又は速度情報）はステージ制御系19及びこれを介して主制御装置20に送られ、ステージ制御系19では主制御装置20からの指示に応じて前記位置情報（又は速度情報）に基づいて平面モータ装置50を介して基板テーブル18のXY面内の移動を制御する。

【0042】また、基板テーブル18上には、不図示のオフアクシス方式のアライメント検出系の検出中心から投影光学系PLの光軸までの距離を計測するベースライン計測等のための各種基準マークが形成された不図示の基準マーク板が固定されている。

【0043】更に、図1の装置には、ウエハW表面の前記露光領域IA内部分及びその近傍の領域のZ方向（光軸AX方向）の位置を検出するための斜入射光式のフォーカス検出系（焦点検出系）の一つである多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系は、不図示の照射光学系と受光光学系とから構成されている。この多点フォーカス位置検出系の詳細な構成等については、例えば特開平6-283403号公報に開示されている。

【0044】ここで、前記平面モータ装置50及びその近傍の構成部分を中心として、ステージ装置30の構成各部について、図2～図15に基づいて更に詳述する。図2には、このステージ装置30の平面図が示され、図3には、ベース21部分を断面した図2の概略正面図が示されている。

【0045】前記基板テーブル18は、図2、図3に示されるように、可動子51の上面（ベース対向面と反対側の面）にボイスコイルモータ等を含む支持機構32a、32b、32cによって異なる3点で支持されており、XY面に対して傾斜及びZ軸方向の駆動が可能になっている。支持機構32a～32cは、図1では図示が省略されているが、実際には不図示の駆動機構を介して図1のステージ制御系19によって独立に駆動制御される。

【0046】前記ベース21は、図2、図3を総合すると判るように、平面視で矩形状の枠部材65と、この枠部材65の高さ方向の中央部に架設された磁性体材料から成る平板状の磁性体部材62と、枠部材65の上部開口を閉塞する状態で一体的に取り付けられたセラミック等の実質的な非磁性体材料から成る平板状部材68とを備えている。

【0047】前記磁性体部材62の上面には、複数の電機子コイル63がマトリクス状に配置されている。なお、図2においては、紙面右下の電機子コイル63が1つのみ具体的な形状で表されており、他の電機子コイル63については単純な正方形で表されている。図3に示されるように、これらの複数の電機子コイル63によって電機子ユニット61が構成され、この電機子ユニット61と前記磁性体部材62とによって、前述した平面モータ装置50の固定子60が構成されている。また、電機子ユニット61を構成する電機子コイル63は、図4に示されるように、一辺の長さが3Lの正方形の底面（XY平面と平行な面）を有し、Z軸と平行な中心軸CX付近でZ方向に貫通する中空部を有する角柱状に構成されている。この中空部の断面形状は、一辺の長さがLの正方形となっている。この電機子コイル63には、端子64a及び端子64bを介して、不図示の電流駆動装置から電流が供給される。そして、供給された電流は、中心軸CXの周りをほぼ一様な電流密度（体積密度）で流れる。なお、電機子コイル63に流れる電流の電流値及び電流方向は、ステージ制御系19によって不図示の電流駆動装置を介して制御される。

【0048】なお、電機子コイル63への電流供給による電機子コイル63の発熱に伴う電機子コイル63、その周辺部材の温度上昇や、電機子コイル63の周辺雰囲気揺らぎを防止するため、本実施形態では電機子コイル63の冷却を行っている。かかる冷却は、前記平板状部材68と枠部材65と磁性体部材62とで囲まれる閉空間を、電機子ユニット61の電機子コイル63を冷却するための冷却液（冷媒）の通路とすることにより行われている。すなわち、前記閉空間の一侧には、不図示の流入口が設けられ、他側には不図示の流出口（排出口）が設けられ、不図示の冷却制御機から冷却液（例えば、水又はフッ素不活性液体）が流入口を介して閉空間に送り込まれ、該閉空間内部を通過するときに電機子コイル

63との間で熱交換を行い、電機子コイル63で発生した熱を吸収して高温となった冷却液が流出口を介して外部に排出されるようになっている。

【0049】前記平面モータ装置50を構成する可動子51は、図3に示されるように、非磁性体材料から成る容器52と、この容器52の底面に所定の配列で磁石としての永久磁石がXY2次元方向に沿って配置された磁極ユニット59と、容器52底面の特定の隣接する永久磁石相互間に配置された複数の気体静圧軸受けとしてのエアパッド（エアベアリング）56とを備えている。

【0050】これを更に詳述すると、容器52は、図2に示されるように、平面視略正形状を有し、その底面には、図5及び図6（A）～（C）に示されるような磁極ユニット59が設けられている。この磁極ユニット59は、平面視で全体が網目状となるように永久磁石71N、71S、72N、73N、73S、74、75が配列されて構成されている。図5は磁極ユニット59の底面図であり、図6（A）は図5におけるA-A断面図であり、図6（B）は図5におけるB-B断面図であり、また、図6（C）は図5におけるC-C断面図である。

【0051】ここで、永久磁石71N、71S、72N、73N、73Sは、例えば希土類物が焼結されて製造され、Z方向に磁化（以後、「垂直磁化」ともいう）された永久磁石である。また、永久磁石71N、72N、73Nは、固定子60との対向面がN磁極面である永久磁石であり、また、永久磁石71S、73Sは、固定子60との対向面がS磁極面である永久磁石である。図5においては、永久磁石71N、71S、72N、73N、73Sに関してはそれらのベース21に対する対向面がその極性を付して示されており、図6（A）及び図6（C）においては、Z方向における両端面の極性が記されている。また、永久磁石74、75は、例えば希土類物が焼結されて製造され、X方向あるいはY方向に磁化（以後、「水平磁化」ともいう）された永久磁石であり、図5、図6（A）及び図6（C）においては、それらの要素の上に、X方向あるいはY方向における両端面の極性が記されている。なお、永久磁石71N、71S、72N、73N、73Sから第1の磁石群が構成され、永久磁石74、75から第2の磁石群が構成される。

【0052】図5及び図6（A）～（C）を総合して分かるように、永久磁石71N、71Sは、一辺の長さがLの正方形の磁極面を有し、2つの磁極面間の距離がHである直方体の形状とされている。また、永久磁石72Nは、一辺の長さが（L/2）の正方形の磁極面を有し、2つの磁極面間の距離がHである直方体の形状とされている。また、永久磁石73N、73Sは、一辺の長さがL、この一辺の直交辺の長さが（L/2）の長方形の磁極面を有し、2つの磁極面間の距離がHである直方体の形状とされている。

【0053】また、永久磁石74は、一辺の長さがL、この一辺の直交辺の長さ（高さ）が（H+T）の長方形の磁極面を有し、2つの磁極面間の距離がLである直方体の形状とされている。また、永久磁石75は、一辺の長さが（L/2）、この一辺の直交辺の長さ（高さ）が（H+T）の長方形の磁極面を有し、2つの磁極面間の距離がLである直方体の形状とされている。

【0054】磁極ユニット59では、上記の網目構造の中央部において永久磁石71Nと永久磁石71Sとが、交互に配列されるようにマトリクス状に配列されている。また、網目構造の4隅には永久磁石72Nが配置されている。また、各辺部では永久磁石73N及び永久磁石73Sが、隣り合う永久磁石71N又は永久磁石71Sと磁化方向が互いに逆向きとなるように配列されている。この結果、垂直磁化された永久磁石71N、72S、72N、73N、73Sが全体として、隣り合う永久磁石の磁化方向が互いに逆向きとなるようにマトリクス状に配列されることになる。

【0055】さらに、磁極ユニット59では、永久磁石71Nと永久磁石71Sとの間、永久磁石71Nと永久磁石73Sとの間、及び永久磁石71Sと永久磁石73Nとの間に永久磁石74が配置され、また、永久磁石72Nと永久磁石73Sとの間、永久磁石72Sと永久磁石73Nとの間、及び永久磁石73Nと永久磁石73Sとの間に永久磁石75が配置されている。かかる永久磁石74の配置にあたっては、永久磁石74の永久磁石71N、71Sあるいは永久磁石72N、72Sとの隣接面である磁極面の極性が、隣接する永久磁石71N、71Sあるいは永久磁石72N、72Sのベース21に対する対向面の極性と同一となるようにされている。

【0056】また、永久磁石72Nと永久磁石73Sとの間、及び永久磁石73Nと永久磁石73Sとの間には永久磁石75が配置されている。かかる永久磁石75の配置にあたっては、永久磁石75の永久磁石72Nあるいは永久磁石73N、73Sとの隣接面である磁極面の極性が、隣接する永久磁石72Nあるいは永久磁石73N、73Sのベース21に対する対向面の極性と同一となるようにされている。

【0057】なお、図5及び図6（A）に示されているように、本実施形態の磁極ユニット59では、ベース21に対向する磁極面の極性がN極である永久磁石72Nを4隅に配置しているが、永久磁石72Nと同一形状を有し、ベース21に対向する磁極面の極性がS極である永久磁石（以後、「永久磁石72S」という）を4隅に配置することも可能である。かかる場合には、図5及び図6（A）～（C）に示される配置において、永久磁石71Nを永久磁石71Sに、永久磁石71Sを永久磁石71Nに、永久磁石73Nを永久磁石73Sに、及び永久磁石73Sを永久磁石73Nに置き換えるとともに、永久磁石74、75の磁化方向を反対向きとすることが

必要となる。

【0058】また、4隅の永久磁石72N又は永久磁石72Sは必ずしも全て同一としなければならないわけではなく、隣り合う2隅の永久磁石間に配置される垂直磁化された永久磁石73N及び永久磁石73Sの配列総数によって4隅の永久磁石72N又は永久磁石72Sの磁化方向の関係が決まる。すなわち、隣り合う2隅の永久磁石間に配置される永久磁石73N及び永久磁石73Sの配列総数が奇数の場合には、該2隅の永久磁石は、永久磁石72N及び永久磁石72Sのいずれか一方のみであることが必要となる。また、隣り合う2隅の永久磁石間に配置される永久磁石73N及び永久磁石73Sの配列総数が偶数の場合には、該2隅の永久磁石は永久磁石72Nと永久磁石72Sとであることが必要となる。

【0059】以上の永久磁石71N、71S、72N、73N、73S、74、75が、図6（A）～（C）に示されるように、それらの底面すなわちベース21に対向する面が同一平面上になるように組み合わせられて磁石アセンブリ（磁極ユニット）59が構成されている。

【0060】この結果、磁石アセンブリ59における永久磁石71N、71S、72N、73N、73Sのベース21の対向側とは反対側の磁極面は、永久磁石74、75のベース21の対向側とは反対側の面から高さTだけ引っ込んだ状態となっており、凹部が形成されている。そして、図6（A）及び図6（C）に示されるように永久磁石71N、71Sの上部の凹部には磁性体部材77が挿入され、永久磁石72Nの上部の凹部には磁性体部材78が挿入され、また、永久磁石73N、73Sの上部の凹部には磁性体部材79が挿入されている。かかる磁性体部材77～79の材料としては、快削純鉄等のような、透磁率が高く、飽和磁束密度が高く、かつねじ穴の形成が容易な材料が用いられる。

【0061】図5、図6（A）、及び図6（C）、並びに後述する図11を総合して分かるように、磁性体部材77は、一辺の長さがLの正方形の底面を有し、高さがTである直方体の形状であり、上面中央部にねじ穴77aが形成されている。また、磁性体部材77は、一辺の長さが（L/2）の正方形の底面を有し、高さがTである直方体の形状であり、上面中央部にねじ穴78aが形成されている。また、磁性体部材79は、一辺の長さがL、この一辺の直交辺の長さが（L/2）の長方形の底面を有し、高さがTである直方体の形状であり、上面中央部にねじ穴79aが形成されている。

【0062】こうして構成された磁石アセンブリでは、図5に示されるように、永久磁石74、又は永久磁石74及び永久磁石75で囲まれた空間が複数個形成されている。かかる空間のうち、後述するエアパッド56が挿入されるものが、図5では、点（・）が付されて示されている。

【0063】前記容器52底面には、上記の図5にお

いて点(・)が付された空間に応じた位置それぞれに、総計20箇所エアパッド56が各1つ配置されている。かかるエアパッド56の容器52底面における配置が図7に示されている。エアパッド56の図7のような配置は、発明者が行った実験の結果から得られた知見に基づいて、可動子51のZ方向、 θ_X 方向(X軸回りの回転方向)及び θ_Y 方向(Y軸回りの回転方向)の3自由度方向について最も剛性が高くなった配置を採用したものである。

【0064】また、エアパッド56の底面部のパッド溝形状についても、発明者が行った実験の結果から得られた知見に基づいて、最も剛性が高く、減衰の良好な溝形状が採用されている。すなわち、エアパッド56の底面部のパッド溝形状については、例えば、図8(A)～図8(D)に示されるような様々の形状が考えられるが、本実施形態では、図8(B)に示されるような形状のパッド溝57eを軸受け面(パッド面)に有するエアパッド56が用いられている。このパッド溝57eは、正方形形状の軸受け面の4辺に沿ってそれぞれ形成された4つの第1溝57gとこれら4つの第1溝57gを相互に接続する十字状の第2溝57hとを含む。第2溝57hの十字の中心には、パッド溝57eより僅かに深い円形の凹部が形成され、さらにこの凹部の中心に、オリフィスの一開口端である噴き出し口が設けられている。なお、図8(A)のエアパッドは、噴き出し口を4つ設けなければならないので好ましくないが、図8(C)、(D)のエアパッド形状を採用することは可能である。

【0065】図9には、図7のD-D線に沿って見た可動子51の断面図が一部省略して示されている。この図9に示されるように、容器52は、上面が開口した平面視正方形形状の鉄などの磁性体材料から成る容器本体53と、該容器本体53の蓋を構成する蓋部材55とを備えている。容器本体53の上部開口端面には、周囲全体に渡って所定深さの凹溝が形成されており、該凹溝内にガスケット58が装着されている。

【0066】なお、本実施形態では、図9に示されるように、エアパッド56をナット80により容器本体53に取り付ける構成としたが、図10(A)に示されるように、容器本体53を切削加工して一体的にエアパッド56を形成することも可能である。さらに、図10

(B)に示されるように、エアパッド56を接着剤(エポキシ系接着剤)GLのみで容器本体53に取り付けることも可能である。エアパッド56を接着剤GLのみで容器本体53に取り付ける場合には、製造コストを低減することができる。

【0067】以上にその構成を説明した可動子51は、以下のようにして組み立てられる。

【0068】まず、永久磁石71N、71S、72N、73N、73S、74、75が、前述の図5及び図6(A)～(C)に示される配列となり、かつ、図11に

示されるように、永久磁石71N、71Sの上方の凹部に磁性体部材77が位置し、永久磁石72Nの上方の凹部に磁性体部材78が位置し、永久磁石73N、73Sの上方の凹部に磁性体部材79が位置するように、永久磁石71N、71S、72N、73N、73S、74、75及び磁性体部材77～79を互いに接着剤によって接着固定する。こうして、構成要素同士が接着剤及び磁氣的吸引力によって強固に接合された磁極ユニット59(磁石アセンブリ)が組み立てられる。

【0069】なお、永久磁石71N、71S、72N、73N、73Sだけのアセンブリを予め行おうとすると、磁氣的反発力が大きくなり、磁石アセンブリの組立が困難な場合がある。かかる場合には、まず、永久磁石71N、71S、72N、73N、73Sと磁性体部材77～79とをそれぞれ単独で接着固定して組み合わせた磁石体を形成しておく。こうして形成された磁石体と永久磁石74、75とを接着固定して組み合わせると、磁性体への永久磁石の磁氣的吸引力を利用できるので、容易に磁極ユニット59を組み立てることができる。

【0070】上記の磁極ユニット59の組み立てと相前後して又は並行して、容器本体53にエアパッド56が取り付けられる。この容器本体53へのエアパッド56の取り付けを、図12を参照して説明する。

【0071】まず、不図示の平坦面上に、複数(ここでは20個)のエアパッド56を前述した図6に対応する位置関係で並べる。

【0072】次に、平坦面上に並べられた各エアパッド56のパッド部57aの上面に非磁性体部材でかつ弾性部材、例えばゴム製のOリング66を載置する。

【0073】次いで、気体注入用ジョイント82が予め取り付けられた容器本体53を、平坦面上に並べられた各エアパッド56に上方から組み付ける。この組み付けの際に、各エアパッド56の軸部57bが容器本体53の対応する丸穴53bにそれぞれ挿入されるとともに、各Oリング66が対応する不図示の環状凹溝に嵌合する。このとき、製造・加工誤差等により個々のエアパッド56のパッド部53aの厚さ寸法等にバラツキがあったとしても、Oリング66は弾性を有しているので、容器本体53の全体をほぼ均一な力で下方に押圧することにより、Oリング66の環状凹溝への嵌合状態が上記のバラツキを相殺するように調整され、容器本体53と各エアパッド56との相対位置関係が所望の状態に調整される。この状態で、不図示の注入口を介して軸部57bと丸穴53bとの隙間にエポキシ樹脂を注入して、エアパッド56と容器本体53とを接着により固定する。そして、接着剤固化後に、エアパッド56の脱落防止、エポキシ樹脂(接着剤)劣化防止のために、ナット80を軸部57bに螺合させて、エアパッド56と容器本体53とを強固に固定する。

【0074】次に、図13に示されるように、20個のエアパッド56が組み付けられた容器本体53を、磁極ユニット59に上方から組み付ける。この組み付けの際に各エアパッド56は、前述の図5において点(・)が付されて示された空間にそれぞれ挿入される。これにより、磁性体部材77~79に形成されたねじ穴77a~79aの上方に、容器本体53の底面に形成された開口77b~79bが位置することになる。引き続き、20個のボルト81を、上方から開口77b~79bを経由させた後、ねじ穴77a~79aにそれぞれ螺合させて、磁極ユニット59と容器本体53とを強固に固定する。

【0075】次いで、図14に示されるように、容器本体53に装着されたガスケット58の上面に蓋部材55を押し付ける。そして、不図示のボルトを用いて蓋部材55を容器本体53に固定することにより、こうして可動子51の組み立てが完了する。

【0076】上述のようにして、可動子51の組み立てが終了すると、容器52の蓋部材55の上面に、駆動機構32a~32cが搭載され、更に、この駆動機構32a~32cの上に基板テーブル18(予め移動鏡27Y、27X等が固定されている)が、取り付けられ、これによってステージ装置30の可動部の組み立てが完了する。

【0077】次に、本実施形態におけるウエハWの移動時の各部の作用について説明する。まず、本実施形態におけるウエハWの移動、すなわち、平面型モータ50における可動子である磁極ユニット51の駆動の原理の概要を説明する。

【0078】磁極ユニット51では、永久磁石71N、72S及び永久磁石74が関る場合について代表的に示された図15(A)において実線矢印で示されるように、磁性体部材62に対向する磁極面(すなわち、ベース21に対向する磁極面)がN極である永久磁石71N、72N、73Nが-Z方向(紙面下向き)の磁束を発生し、また、磁性体部材62に対向する磁極面がS極である永久磁石71S、73Sが+Z方向(紙面上向き)の磁束を発生する。そして、永久磁石74、75、及び磁性体部材77、78、79、及び磁性体部材62と共に磁気回路を形成している。なお、磁気回路は、垂直磁化磁石71N、71S、72N、73N、73Sの配列において互いに隣り合う垂直磁化磁石ごとに構成される。かかる磁気回路の構成にあたっては、磁性体部材62は全ての磁気回路で使用されており、永久磁石71N及び永久磁石71Sが関る磁気回路では永久磁石74及び磁性体部材77が更に使用され、永久磁石73N及び永久磁石73Sが関る磁気回路では、永久磁石75及び磁性体部材79が更に使用される。また、永久磁石71N及び永久磁石73S、又は永久磁石71S及び永久磁石73Nが関る磁気回路では、永久磁石74及び磁性

体部材77、79が更に使用され、また、永久磁石72N及び永久磁石73Sが関る磁気回路では、永久磁石75及び磁性体部材78、79が更に使用される。

【0079】以下、永久磁石71N及びこの永久磁石71と+X方向にある永久磁石71Sが関る磁気回路の場合を例にとり、図15(A)及び図15(B)を参照して説明する。

【0080】この磁気回路では、図15(A)に示されるように、永久磁石71NのN極面から放出された磁束は-Z方向に磁性体部材62へ向かって進行する。そして、磁性体部材62に到達した磁束は、その後、磁性体部材62中を+X方向に進行し、永久磁石71SのS極面に対向する位置に至る。この後、磁束は、+Z方向に永久磁石71SのS極面へ向かって進行する。

【0081】永久磁石71SのS極面に到達した磁束は永久磁石71S中を進行し、その磁束の一部は直接永久磁石74のS極面に到達し、残りの磁束は永久磁石71SのN極面から、このN極面に接着固定された磁性体部材77を介して永久磁石74のS極面に到達する。この後、磁束は永久磁石74中を-X方向に進行して、永久磁石74のN極面に到る。

【0082】永久磁石74のN極面に到達した磁束は、その磁束の一部が直接永久磁石71N中へ進行し、残りの磁束は、永久磁石71NのS極面に接着固定された磁性体部材77中を進行して永久磁石71NのS極面に到達する。以後、磁束は永久磁石71N中を永久磁石71NのN極面へ向けて進行する。

【0083】こうして、永久磁石71N、磁性体部材62、永久磁石71S、並びに永久磁石74(及び磁性体部材77)を磁束が順次巡る磁気回路が形成される。なお、磁極ユニット59の上面には容器本体53が固定されているが、容器本体53は非磁性体材料から成るので、容器本体53側への磁束の漏れは殆どない。また、磁性体部材77~79の厚さTは、磁性体部材77~79の透磁率と飽和磁束密度を考慮して、磁極ユニット59の上方への漏れ磁束が許容値以下となる最小となる厚さとされている。

【0084】かかる磁気回路では、磁極ユニット59のベース21側とは反対側において、永久磁石74のN極面から永久磁石71NのS極面への磁束の進行路、及び永久磁石71SのN極面から永久磁石74のS極面への磁束の進行路として、空気等よりも磁気抵抗が格段に低い磁性体部材77が設けられているので、磁極ユニット59の上方への磁束の漏れ量が低減されている。また、永久磁石71NのN極面や永久磁石71SのS極面に対向して磁性体部材62が設けられているので、磁性体部材72の下方への磁束の漏れ量が低減されている。このため、永久磁石71N、71S、74の起磁力によって発生する磁束の殆どすべてが上記の磁気回路を流れる。したがって、磁極ユニット59の上方にある周辺部材や

周辺装置に磁気的な悪影響を及ぼすことなく、磁極ユニット59と磁性体部材62との間に磁束密度の高い磁束を発生することができる。

【0085】なお、以上では、永久磁石71N及びこの永久磁石71と+X方向にある永久磁石71Sが関る磁気回路について説明したが、永久磁石71N及びこの永久磁石71と-X方向にある永久磁石71Sが関る磁気回路、及び永久磁石71N及びこの永久磁石71と±Y方向にある永久磁石71Sが関る磁気回路についても、同様に磁気回路が形成される。また、永久磁石71N

(71S)及び永久磁石73S(73N)が関る磁気回路、及び永久磁石72N及び永久磁石73Sが関る磁気回路も上記と同様に形成される。

【0086】図15(A)に示された磁気回路が形成されているとき、磁性体部材62付近、すなわち電機子ユニット61が配置されるZ位置の磁束密度Bは、図15(B)に示されるような分布となる。すなわち、永久磁石71の中心点に応じた位置で磁束密度Bの絶対値が最大となり、この点から磁極面の周辺部に応じた位置へ行くほど磁束密度Bの絶対値は小さくなり、一の永久磁石71の中心に応じた位置と、垂直磁化磁石71~73の配列において一の永久磁石71と隣り合う他の永久磁石71の中心に応じた位置との中点位置で磁束密度Bは零となる。また、磁束密度Bの分布は、永久磁石71の中心に応じた位置を中心として、±X方向について対称となっている。すなわち、磁束密度BのX方向分布は、正弦関数又は台形関数によって良い近似が行われる形状となっている。なお、図15(B)では、磁束の方向が+Z方向の場合に磁束密度Bの値を正とし、磁力線が-Z方向の場合に磁束密度Bの値を負としている。また、図15(B)ではX方向に関する磁束密度Bの分布が示されているが、Y方向に関する磁束密度Bの分布も図15(B)の分布と同様となる。

【0087】なお、本実施形態においては、磁性体部材62の材料として、高電気抵抗、高飽和磁束密度、低磁気ヒステリシス、低保磁力のステンレス等を採用しているので、渦電流やヒステリシス損が小さく、磁気抵抗を小さく維持することが可能であり、磁極ユニット51が移動しても磁束密度の高い磁束を継続的に発生することができる。

【0088】以下、磁極ユニット51と磁性体部材62との間の磁束と電機子コイル63を流れる電流との相互作用で発生するローレンツ電磁力による可動子51の駆動について説明する。

【0089】ローレンツ電磁力による可動子51の駆動に先立って、主制御装置20により空気ポンプ59が作動されチューブ33を介して気体貯蔵室70(図9参照)内に加圧空気が供給される。この加圧空気が気体貯蔵室70内に徐々に充填され、所定圧力の加圧空気が各エアパッド56の軸受け面を介してベース21上面に対

して噴出され、ベース21上面と各エアパッド56との間の加圧空気の静圧によって可動体、すなわち基板テーブル18、駆動機構32a~32c及び可動子51の全体がベース21上方に例えば5μm程度のクリアランスを介して浮上支持される(図1、図3参照)。

【0090】このとき、可動子51の磁極ユニット59とベース21内の磁性体部材62の間には、磁気的吸引力が働いているので、この磁気的吸引力と可動体自身の自重との総和である下向きの力に相当する上向きの力(浮上力)が発生していることになる。

【0091】すなわち、可動子51及び基板テーブル18等の全体の自重と前記磁気的吸引力との総和に相当する下向きの力と、空気ポンプ59から供給されエアパッド56を介して平板状部材68の上面に向かって吹き出される加圧空気の圧力による上向きの力、すなわち可動子51底面とベース21上面との間の空気層の静圧(いわゆるすきま内圧力)とのバランスによって、その空気層の厚さ、すなわち軸受け隙間が所望の値に維持される。このように、本実施形態では、可動子51の永久磁石54とエアパッド56とによって、一種の磁気与圧型の空気静圧軸受け装置が構成されている。

【0092】そして、上記の図15(B)に示された分布の磁束密度Bの環境中において電機子コイル63に電流が供給されると、電機子コイル63にローレンツ電磁力が発生する。このローレンツ電磁力の反力が磁極ユニット51に作用し、基板テーブル18ひいてはウエハWを移動する。ところで、電機子コイル63に発生するローレンツ電磁力の大きさ及び方向は、電機子コイル63に供給される電流の大きさ及び方向並びに磁極ユニット51と電機子ユニット61との位置関係によって異なるが、本実施形態においては、X方向に基板テーブル18を移動させる場合には、磁極ユニット51のX位置に応じてX方向で隣り合う2つの電機子コイル63の対を選択し、各対の電機子コイル63について、磁極ユニット51と電機子ユニット61との位置関係に応じ、互いに位相が90°だけ異なる同一振幅の正弦波電流を供給することにより、ローレンツ電磁力の合力のX成分を磁極ユニット51のX位置によらず一定に制御している。なお、磁極ユニット51をX方向へ駆動させようとして電流を流すと、一般には磁極ユニット51をY方向へ駆動する力及びZ軸回りの回転力が発生してしまう。そこで、磁極ユニット51をY方向に駆動する力及び回転力が全体として0となるように、各電機子コイル63に流す電流を調整している。また、各電機子コイルに供給される正弦波電流の振幅及び方向を制御することによって、磁極ユニット51を駆動する力の大きさ及び方向が制御されている。

【0093】また、磁極ユニット51がY方向に移動する場合におけるY方向への磁極ユニット51の駆動についてもX方向の場合と同様にして、磁極ユニット51の

Y位置によらず一定の駆動力による駆動を行っている。

【0094】また、上記の磁極ユニット51をX方向に駆動する場合の電流パターンとY方向に駆動する電流パターンとが適当な比率で重ね合わされたパターンの電流を各電機子コイル63に供給することにより、XY平面に沿った任意の方向に任意の駆動力で磁極ユニット51を駆動している。

【0095】更に、回転力の相殺を行わずに、磁極ユニット51を駆動することにより、所望の回転方向及び所望の回転力で磁極ユニット51を、回転駆動を行っている。

【0096】以上のように、本実施形態の露光装置では、基板テーブル18のXY位置及び姿勢（Z軸回りの回転） θ に応じて電機子コイル63に供給する電流を制御することによって、基板テーブル18ひいてはウエハWの位置制御を行っている。

【0097】以上のようにして、基板テーブル18すなわちウエハWの位置制御を行いつつ実行される本実施形態の露光装置100における露光動作の流れについて簡単に説明する。

【0098】まず、不図示のレチクルロードにより、転写したいパターンが形成されたレチクルRがレチクルステージRSTにロードされる。同様に、不図示のウエハロードにより、露光したいウエハWが基板テーブル18にロードされる。

【0099】このとき、基板テーブル18は、所定のウエハローディングポジションにて、ベース状に浮上支持されており、かつそのローディングポジションに所定時間停止状態を維持するように主制御装置20により、ステージ制御系19を介してサーボ制御されている。従って、このローディングポジションでの待機時には、平面モータ装置50の固定子60を構成する電機子コイル63に電流が供給されており、この電機子コイル63における発熱による温度上昇を防止すべく、主制御装置20では冷却機等を用いて電機子コイル63の冷却を行っている。

【0100】次に、主制御装置20により、不図示のレチクル顕微鏡、基板テーブル18上の不図示の基準マーク板、不図示のアラインメント検出系を用いてレチクルアラインメント、ベースライン計測等の準備作業が所定の手順に従って行われた後、アラインメント検出系を用いて、統計的な手法を用いて行われるEGA（エンハンスド・グローバル・アラインメント）等のアラインメント計測が実行される。なお、EGA計測の詳細は、例えば特開昭61-44429号公報に記載されている。

【0101】アラインメント計測の終了後、以下のようにしてステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行われる。

【0102】この露光動作にあたって、まず、ウエハWのXY位置が、ウエハW上の最初のショット領域（ファ

ースト・ショット）の露光のための走査開始位置となるように、基板テーブル18が移動される。この移動は、主制御装置20によりステージ制御系19を介して、平面モータ装置50を構成する各電機子コイル63の電流を前述のように制御することにより行われる。同時に、レチクルRのXY位置が、走査開始位置となるように、レチクルステージRSTが移動される。この移動は、主制御装置20によりステージ制御系19及び不図示のレチクル駆動部等を介して行われる。

【0103】そして、ステージ制御系19が、レチクル干渉計16によって計測されたレチクルRのXY位置情報、前述のようにして計測されたウエハWのXY位置情報に基づき、不図示のレチクル駆動部及び平面モータ装置50を介してレチクルRとウエハWとを同期移動させる。かかる同期移動中においては、レチクルRの走査方向に対して垂直な方向に長手方向を有する長方形（スリット状）の照明領域でレチクルRが照明され、レチクルRは露光時に速度 V_R で走査（スキャン）される、照明領域（中心は光軸AXとほぼ一致）は投影光学系PLを介してウエハW上に投影され、照明領域に共役なスリット状の投影領域、すなわち露光領域が形成される。ウエハWはレチクルRとは倒立結像関係にあたるため、ウエハWは速度 V_R の方向とは反対方向にレチクルRに同期して速度 V_W で走査され、ウエハW上のショット領域SAの全面が露光可能となっている。走査速度の比 V_W/V_R は正確に投影光学系PLの縮小倍率に応じたものになっており、レチクルRのパターン領域のパターンがウエハW上のショット領域上に正確に縮小転写される。なお、照明領域の長手方向の幅は、レチクルR上のパターン領域よりも広く、遮光領域の最大幅よりも狭くなるように設定され、レチクルRを走査（スキャン）することによりパターン領域PA全面が照明されるようになっている。

【0104】以上のように制御されながら行われる走査露光により、一つのショット領域に対するレチクルパターンの転写が終了すると、基板テーブル18がステップングされて、次のショット領域に対する走査露光が行われる。このようにして、ステップングと走査露光とが順次繰り返され、ウエハW上に必要なショット数のパターンが転写される。

【0105】したがって、本実施形態の露光装置100によれば、周囲への磁束の漏れ量が低減され、かつ磁束密度の高い磁束と電機子コイルに供給された電流との電磁相互作用によって基板テーブル18を駆動し、ウエハWを迅速な移動させるので、露光の精度を向上しつつ、スループットを向上することができる。

【0106】また、磁性体部材77～79の厚さTを、漏れ磁束を許容値以下とする最小の厚さとしたので、可動子51の軽量化が図られ、平面モータ装置50の駆動性能を向上させることができる。

【0107】また、磁性体部材77～79には上方からねじを螺合可能なねじ穴が形成されている。したがって、ねじ止めという簡易な組み立てを行うことによって、非磁性材料から成る容器本体53と磁極ユニット59とをねじによって強固に機械的に結合することができる。

【0108】また、磁極ユニット59を構成する磁石に永久磁石71N、71S、72N、73N、73S、74、75を使用したので、起磁力発生のための電気配線等が不要となり、磁極ユニット59の構成が簡易なものとなっている。

【0109】また、磁極ユニット59を構成する永久磁石71N、71S、72N、73N、73S、74、75の形状を直方体としたので、磁極ユニット59を容易に組み立てることができる。

【0110】また、本発明のモータ装置では、電機子ユニット61は、電機子コイル63を保持する板状の保持部材62を備えるので、駆動力の発生による電機子コイル63の変形を防止することができる、安定した駆動が可能となる。また、保持部材62を磁性体材料から構成しているので、XY面に沿って大きな駆動力で磁極ユニット59を駆動することができる。

【0111】上記の本実施形態の装置100は、多数の機械部品からなるレチクルステージRST、複数のレンズから構成される投影光学系PL等を組み立てるとともに、上述のようにして組み立てられた可動子51を組み付けて平面モータ装置50を組み立てた後、該平面モータ装置を組み付けてステージ装置30を組み立てる。そして、レチクルステージRST、投影光学系PL、ステージ装置30等を組み合わせた後に、総合調整（電気調整、光学調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。なお、露光装置100の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0112】なお、上記の実施形態では、可動子の固定子からの浮上にエアガイド機構を用いたが磁気浮上機構を採用することも可能である。さらに、磁極ユニットにおいて、永久磁石に代えて永久磁石と同等な電磁石を使用することも可能である。

【0113】また、磁極ユニットにおける磁石の形状及び配列、並びに電機子ユニットにおける電機子コイルの形状及び配列は、採用する電磁力による駆動を行う形態に応じて決定すればよい。

【0114】また、上記の実施形態では、電機子コイルの保持部材として磁性体部材を使用した。非磁性体部材を採用することも可能である。電機子コイルの保持部材として非磁性体部材を採用した場合には、水平方向の成分（X方向やY方向の成分）を有する磁束を発生させることができるので、磁極ユニットを水平面（XY面）に沿って磁極ユニットを駆動させるとともに、Z方向に沿って磁極ユニットを駆動することができる。

【0115】さらに、上記実施形態では電機子コイルの冷却用に冷却液を使用した。冷媒となる流体であれば気体冷媒を使用することが可能である。

【0116】また、本実施形態では、可動子が磁極ユニットを備え、固定子が電機子ユニットを備える構成としたが、可動子が電機子ユニットを備え、固定子が磁極ユニットを備える構成とすることもできる。

【0117】また、固定子上に配設される可動子51は1つに限られるものではなく、固定子60上に2つの可動子を配設し、それらを独立に駆動することにより、一方の可動子51を用いてウエハの露光を行いながら、他方の可動子51を用いてウエハWの受け渡しを行うことにしてもよい。

【0118】また、本発明は、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・ステッチング機を問わない。但し、ウエハ等の周囲環境を真空とする必要のある、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などで本発明を採用する場合には、磁気浮上機構等を採用することが望ましい。

【0119】また、本発明のモータ装置は、露光装置における基板ステージ装置への適用に限定されるものではなく、例えば露光装置におけるレチクルステージ装置にも適用が可能であるし、また、露光装置以外であっても試料の位置制御が必要な場合には適用が可能である。

【0120】また、本発明のモータ装置は、上述のような平面モータ装置として構成することが可能であることは勿論であるが、リニアモータ装置として構成することも可能である。

【0121】

【発明の効果】本発明のモータ装置によれば、磁極ユニットの電機子ユニットに対向する側と反対側で、磁気抵抗の小さな磁性体部材が磁極ユニットを構成する複数の磁石を磁氣的に効率良く結合することができるので、磁極ユニットの電機子ユニットに対向する側と反対側の空間へ漏れ出る磁束量を低減するとともに、磁極ユニットに対向する電機子ユニットにおける電流経路において高密度の磁束を発生させることができる。したがって、周囲への磁氣的な影響を低減しつつ、磁極ユニットと電機子ユニットとを大きな駆動力で相対駆動することができる。

【0122】本発明のモータ装置の組み立て方法によれば、磁極ユニットを磁石とともに構成する、ねじ穴が形成され磁性体部材と非磁性体板とを該ねじ穴を介してね

じにより強固に接合するので、非磁性体板を含む種々の構造体と磁極ユニット（磁石アセンブリ）とが機械的に強固に結合されたモータ装置を容易に組み立てることができる。

【0123】また、本発明の露光装置によれば、所定のパターンが転写される基板を保持する基板ステージ装置や、所定のパターンが形成されたマスクを保持するマスクステージ装置に本発明のモータ装置を用いるので、周辺の部品又は装置への漏れ磁束や周辺の部品又は装置における磁場変動を低減しつつ、制御性良く高速に基板を移動させることができる。したがって、高精度のパターン転写を、スループットを向上して行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態の露光装置の概略的な構成を示す図である。

【図2】図1の露光装置のステージ装置周辺の構成を示す平面図である。

【図3】図1の露光装置のステージ装置周辺の構成を示す側面図（一部断面図）である。

【図4】電機子コイルの概略構成を示す図である。

【図5】磁極ユニットの構成を示す底面図である。

【図6】図6（A）～図6（C）は、磁極ユニットの構成を示す縦断面である。

【図7】エアパッドの配置を示す斜視図である。

【図8】図8（A）～図8（D）は、エアパッドの底面部のパッド溝形状を説明するための図である。

【図9】エアパッドが組み付けられた容器の断面図である。

【図10】図10（A）及び図10（B）は、エアパッドの変形例を説明するための図である。

【図11】可動子の組み立て途中を説明するための図（その1）である。

【図12】可動子の組み立て途中を説明するための図（その2）である。

【図13】可動子の組み立て途中を説明するための図（その3）である。

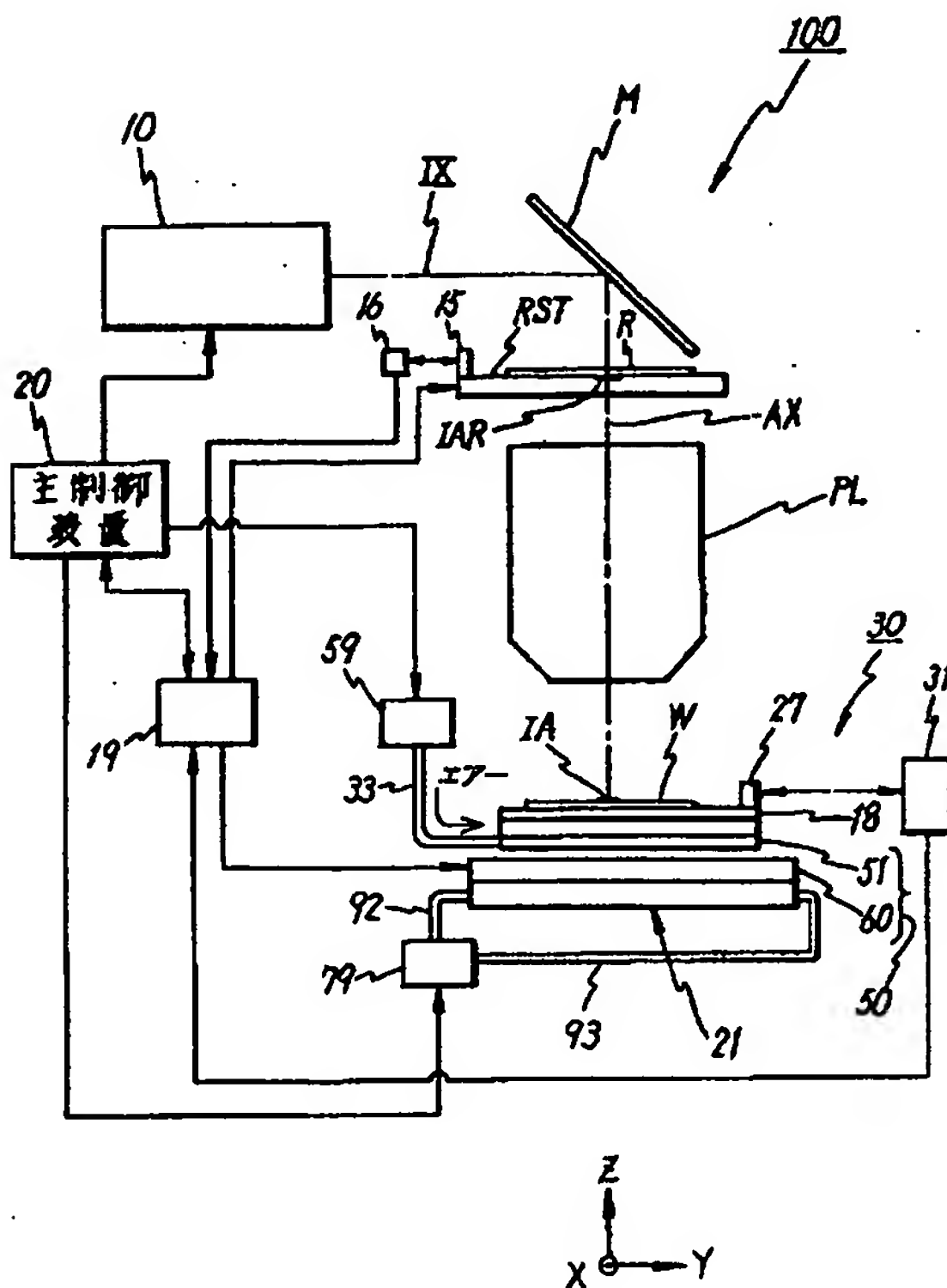
【図14】可動子の組み立て途中を説明するための図（その4）である。

【図15】図15（A）及び図15（B）は、磁極ユニットが関わる磁気回路を説明するための図である。

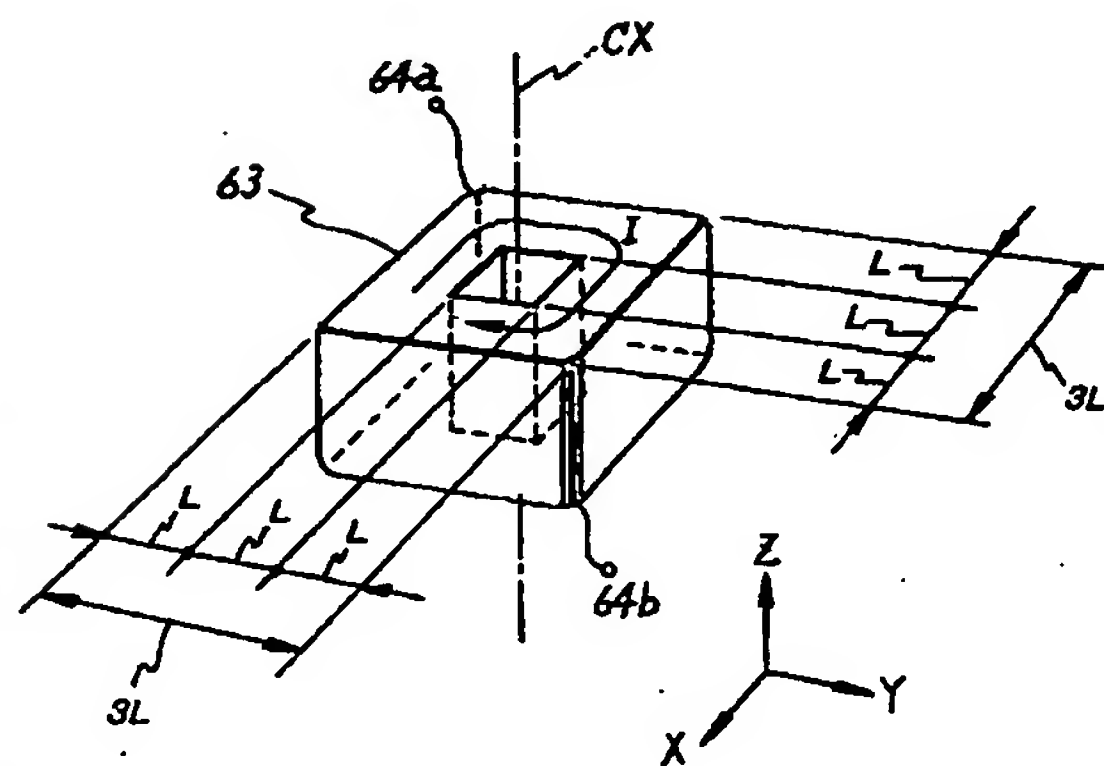
【符号の説明】

50…平面モータ、59…磁極ユニット、61…電機子ユニット、62…磁性体部材（保持部材）、63…電機子コイル、71N、71S、72N、73N、73S…永久磁石（磁石、第1の磁石群の一部）、74、75…永久磁石（磁石、第2の磁石群の一部）、77、78、79…磁性体部材、R…レチクル（マスク）、W…ウェハ（基板）。

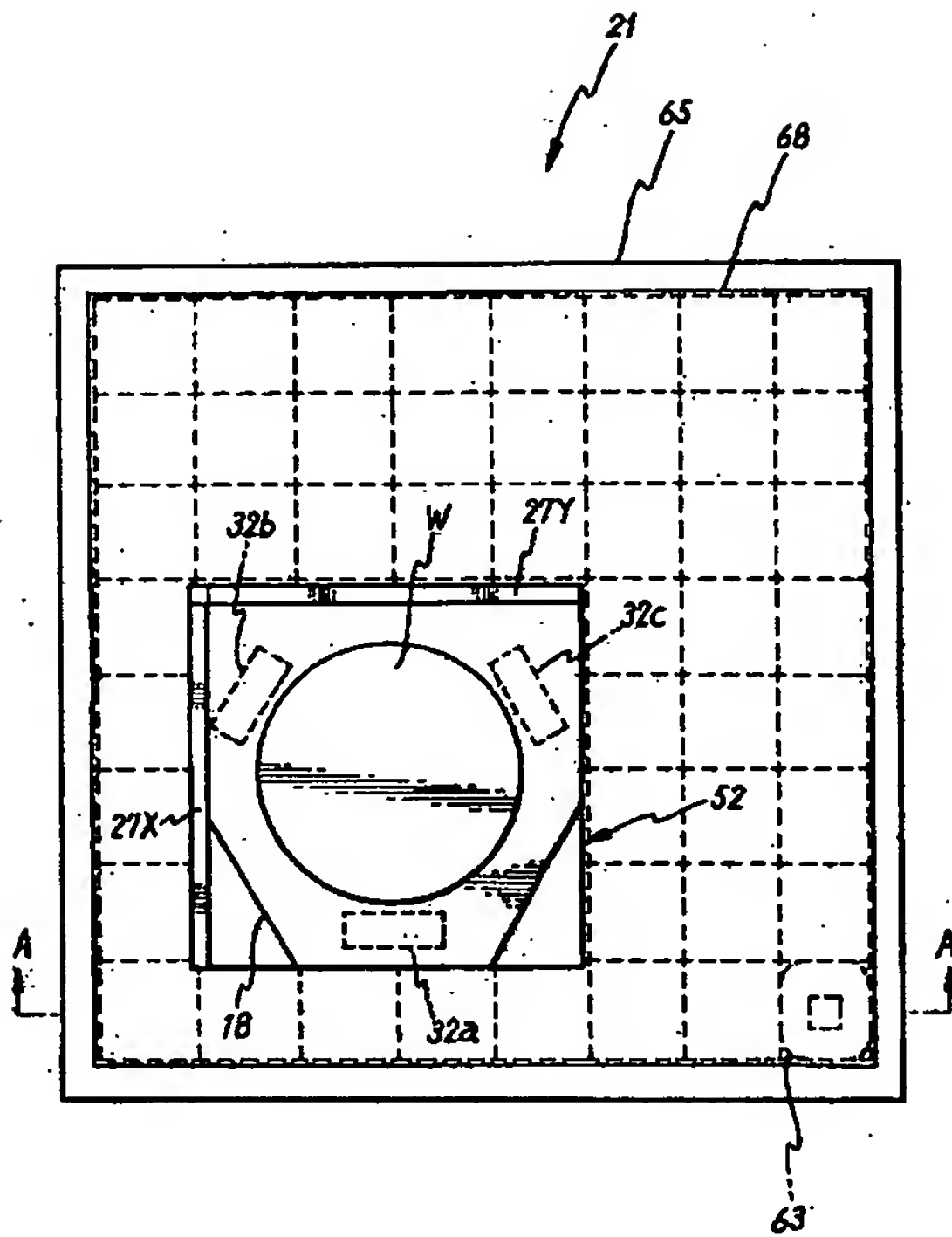
【図1】



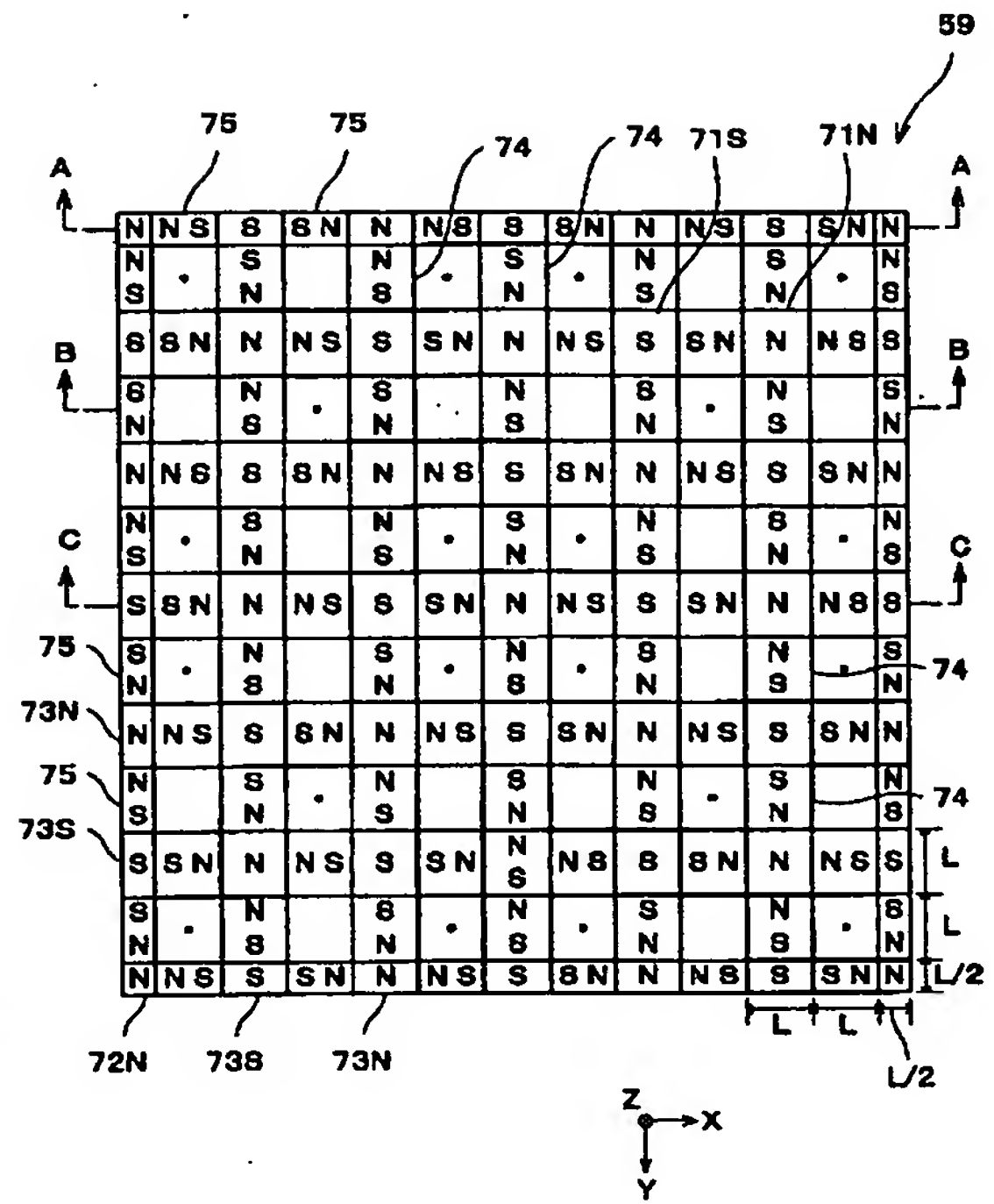
【図4】



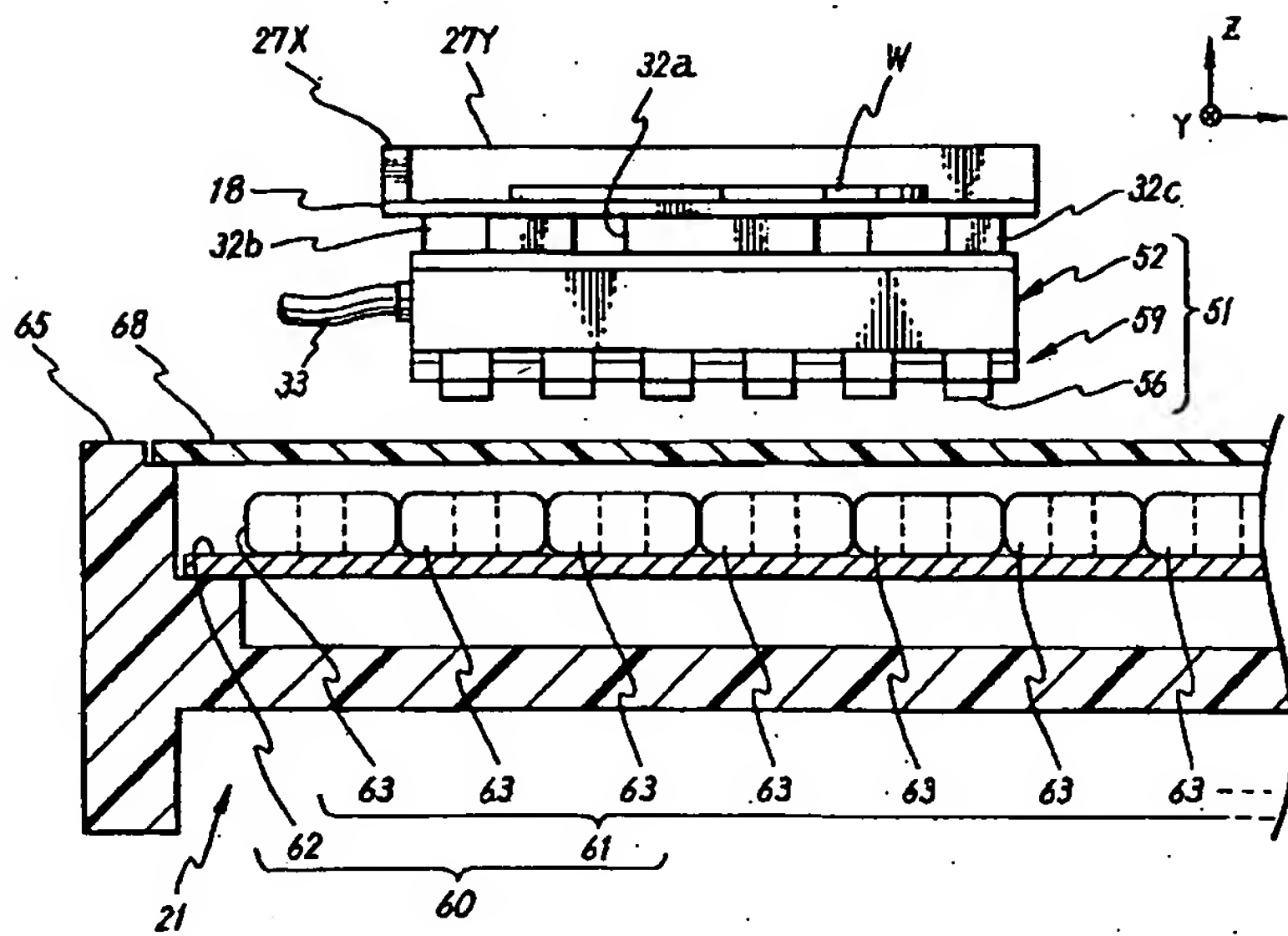
【図2】



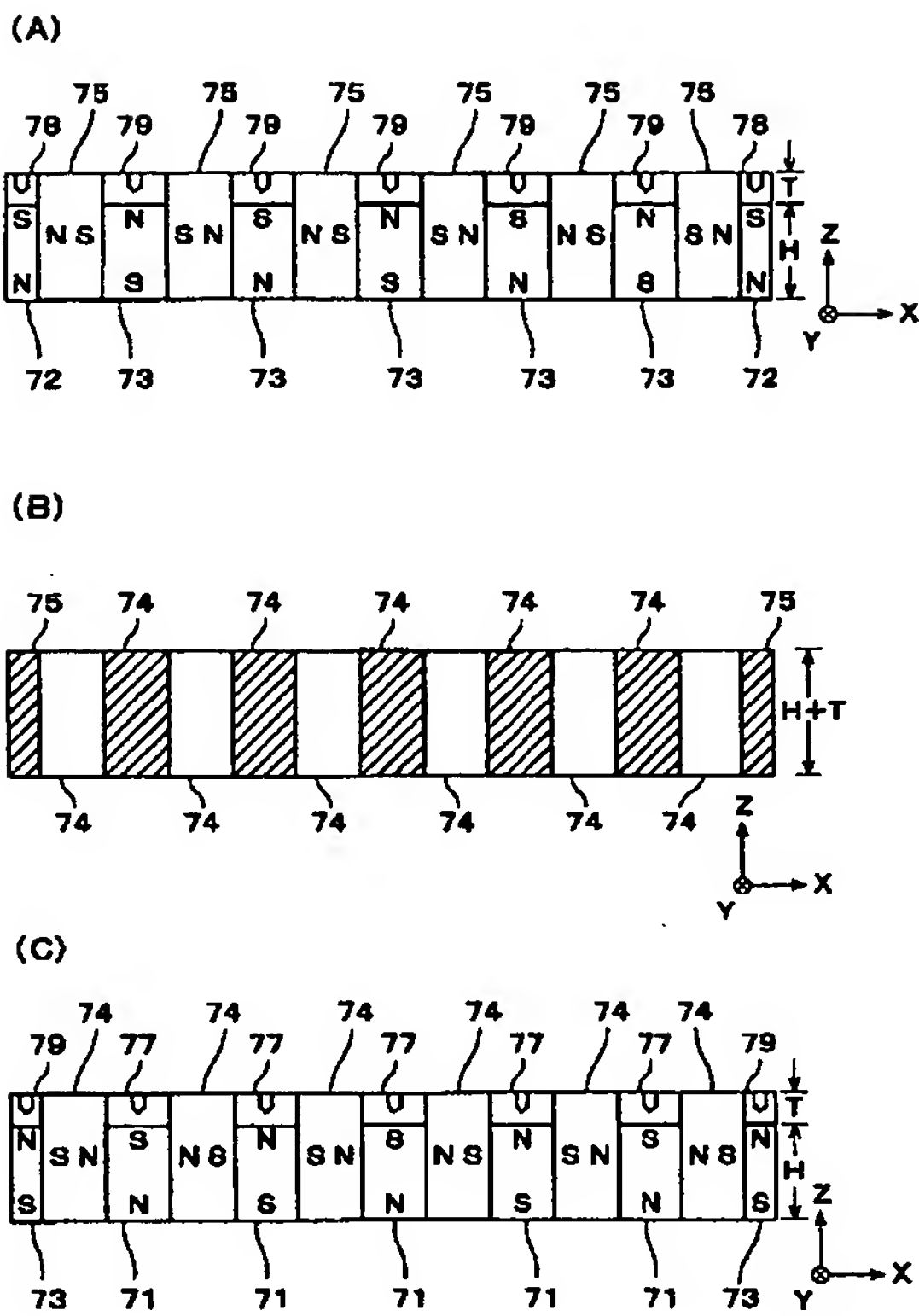
【図5】



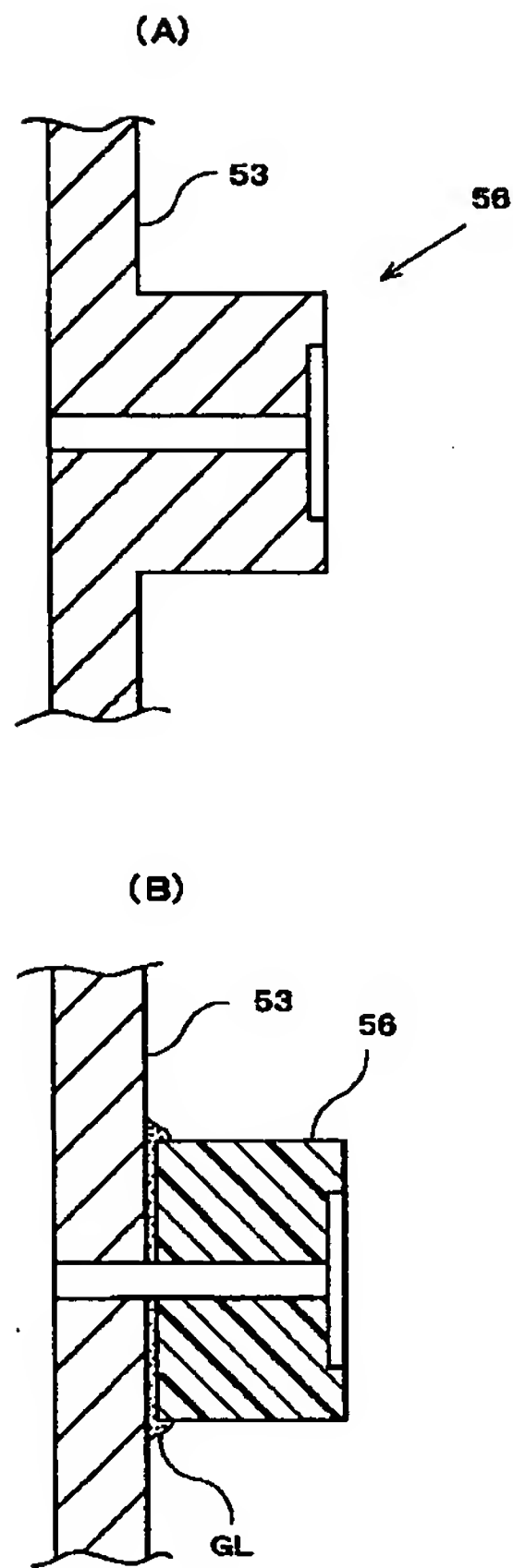
【図3】



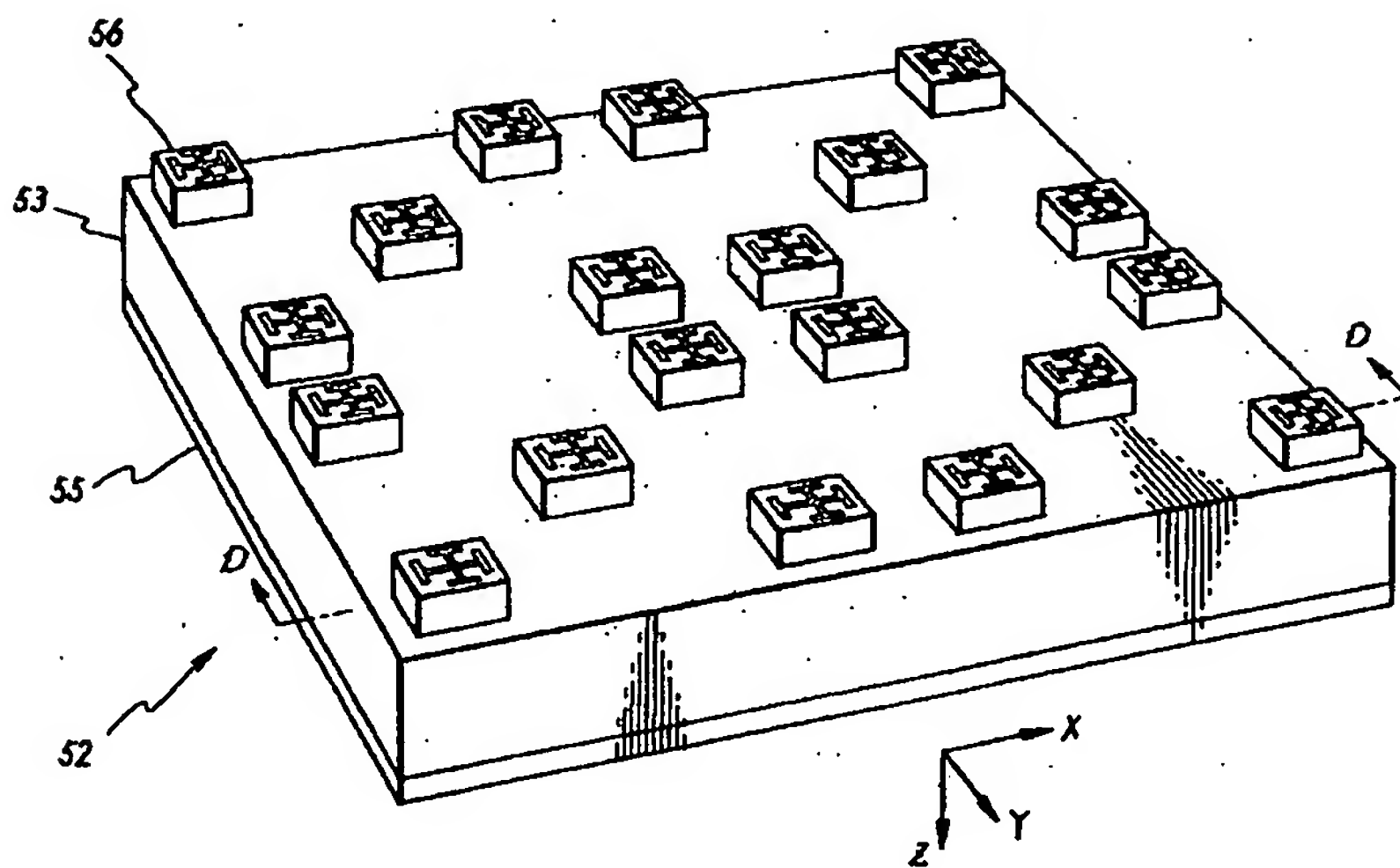
【図6】



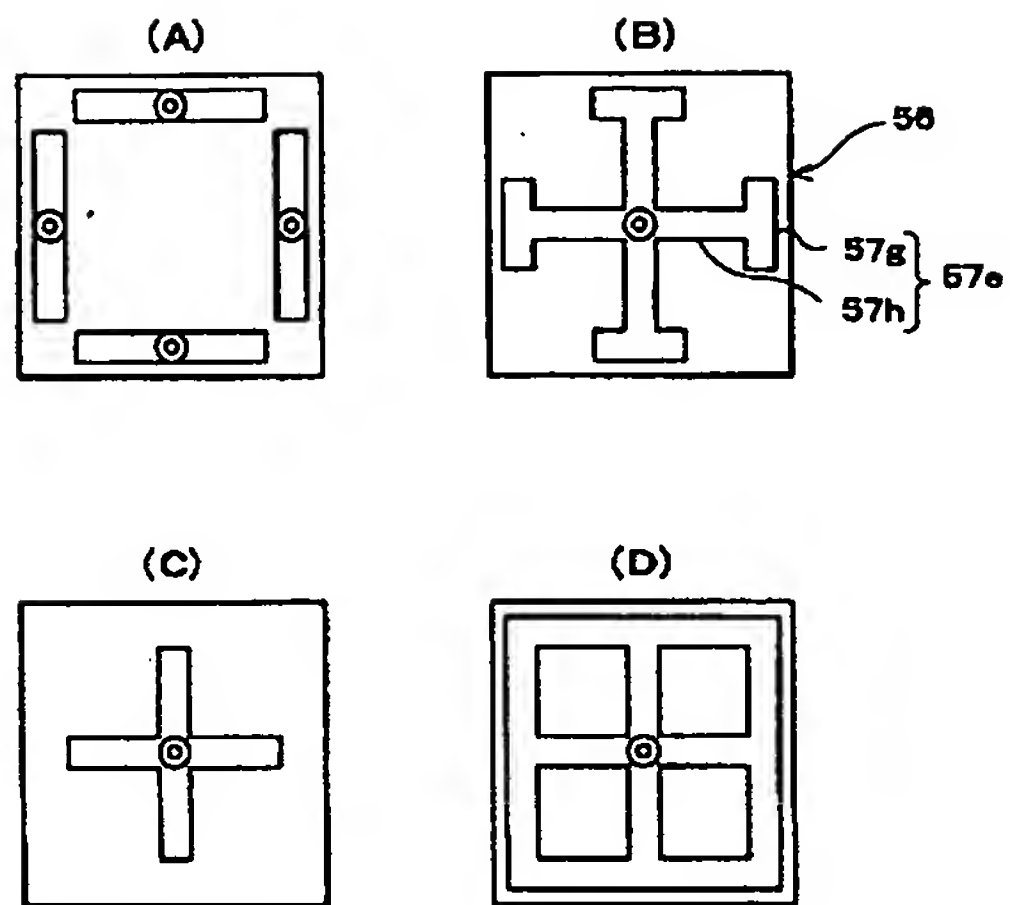
【図 10】



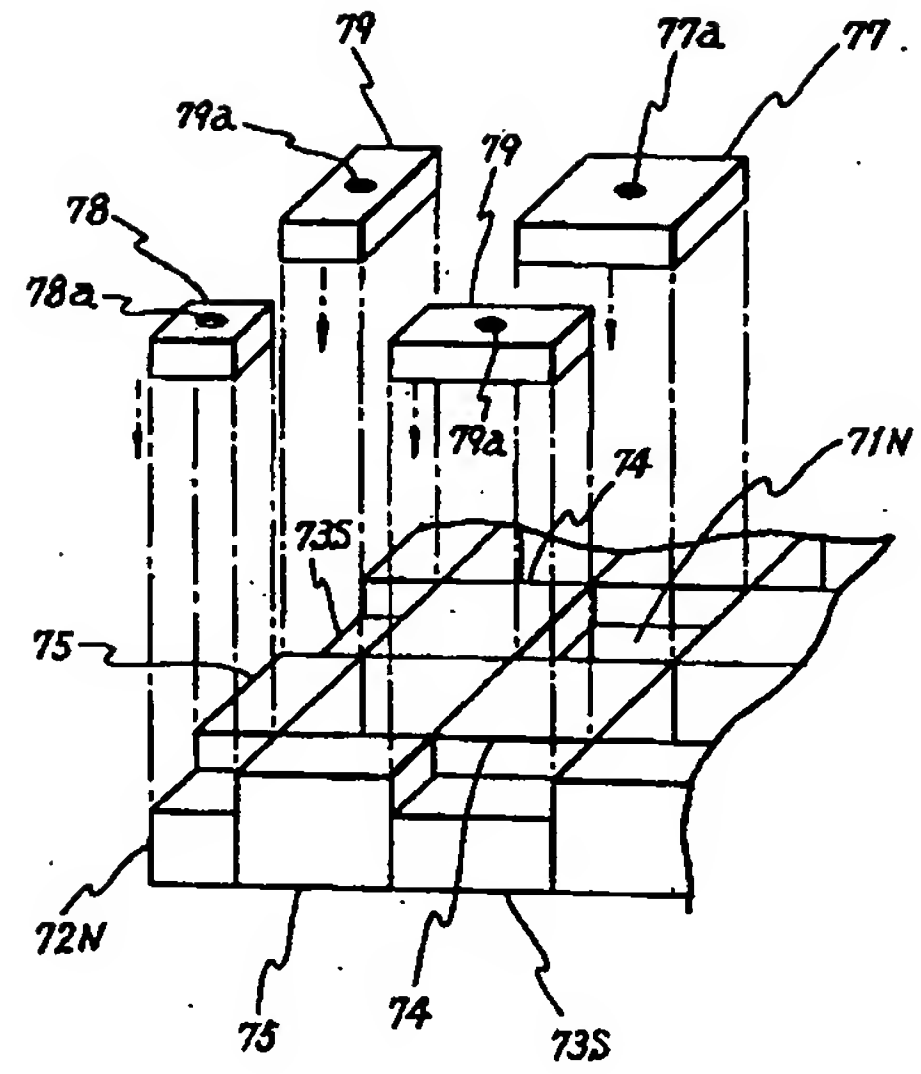
【図 7】



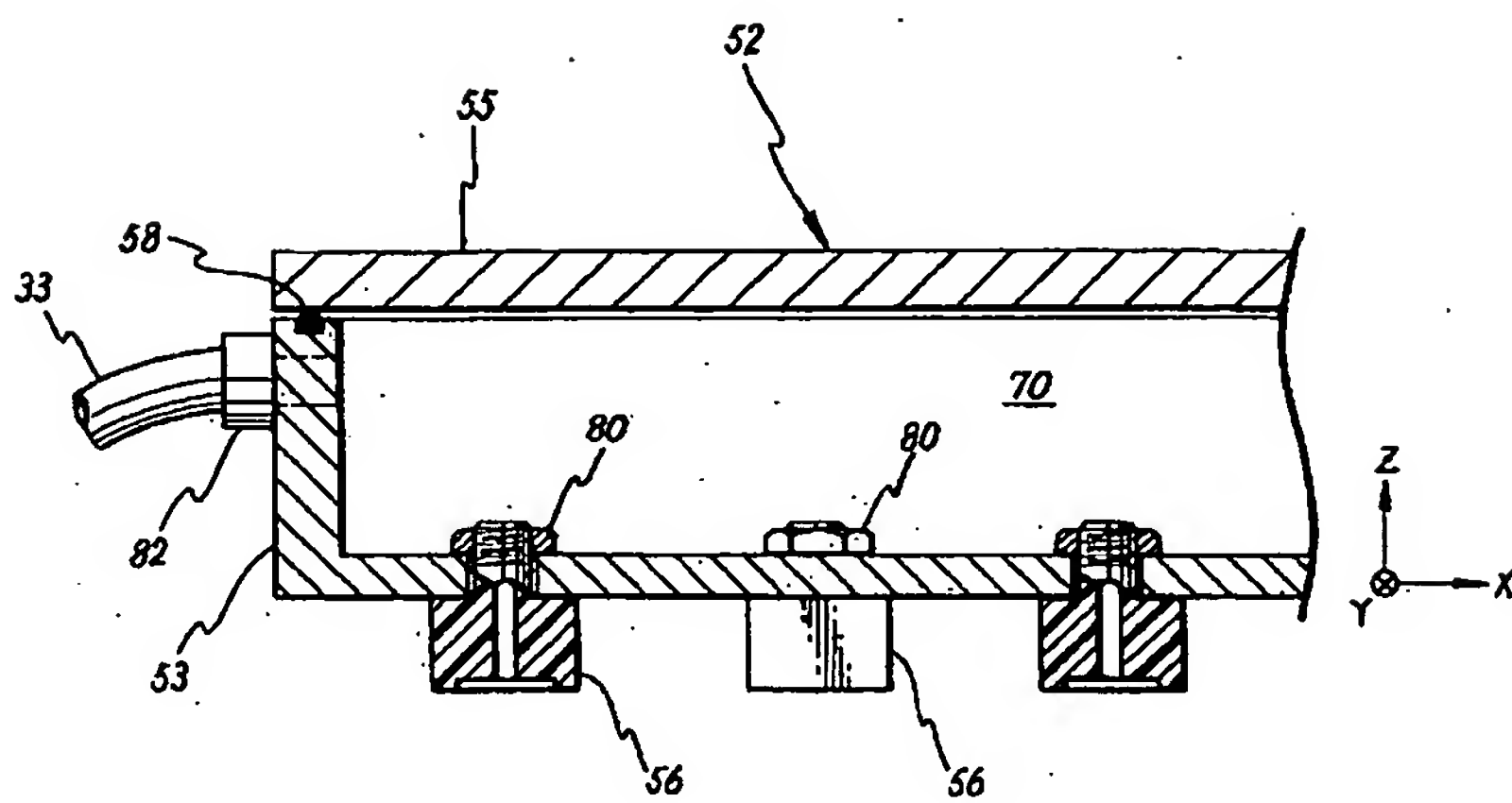
【図8】



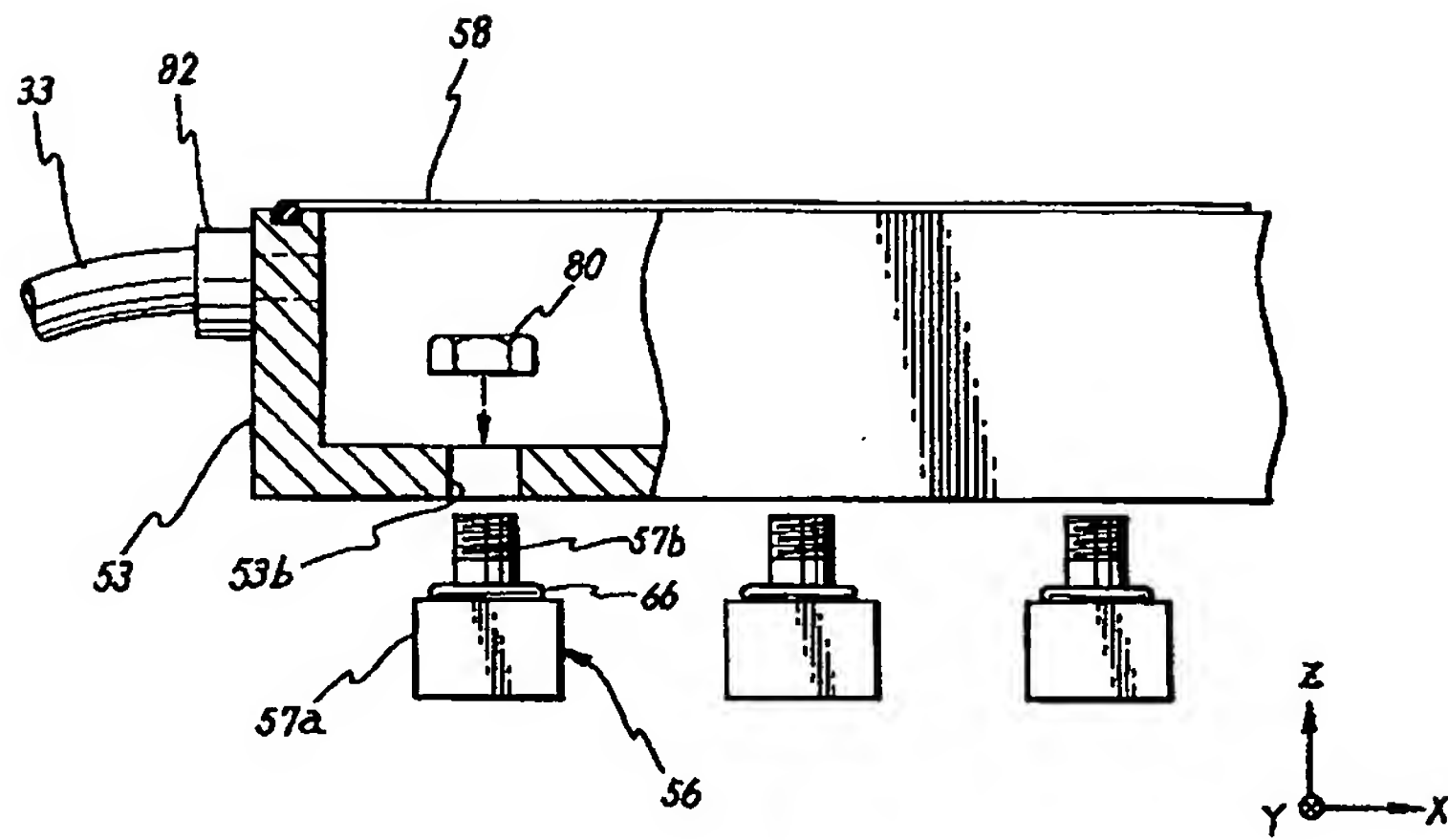
【図11】



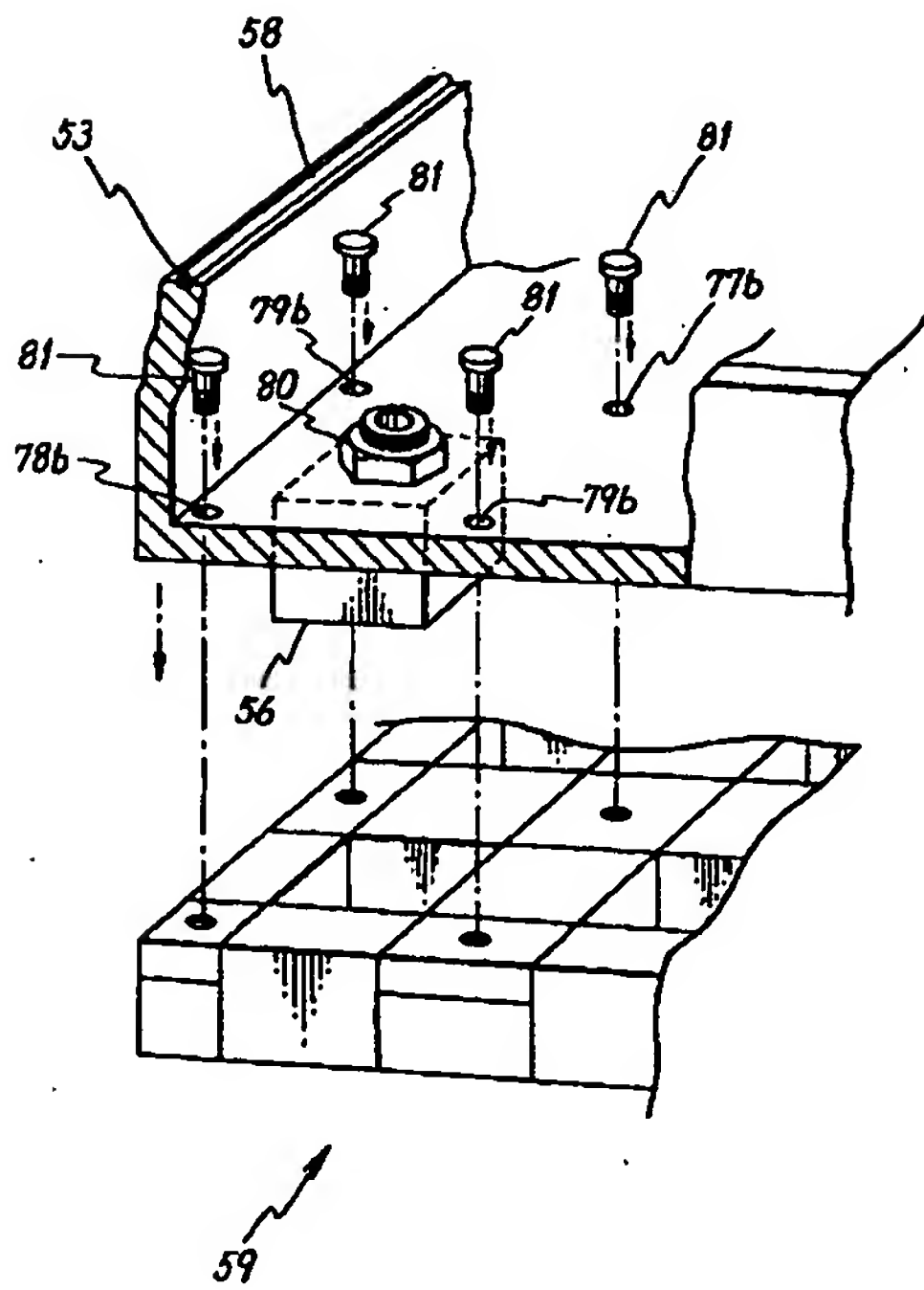
【図9】



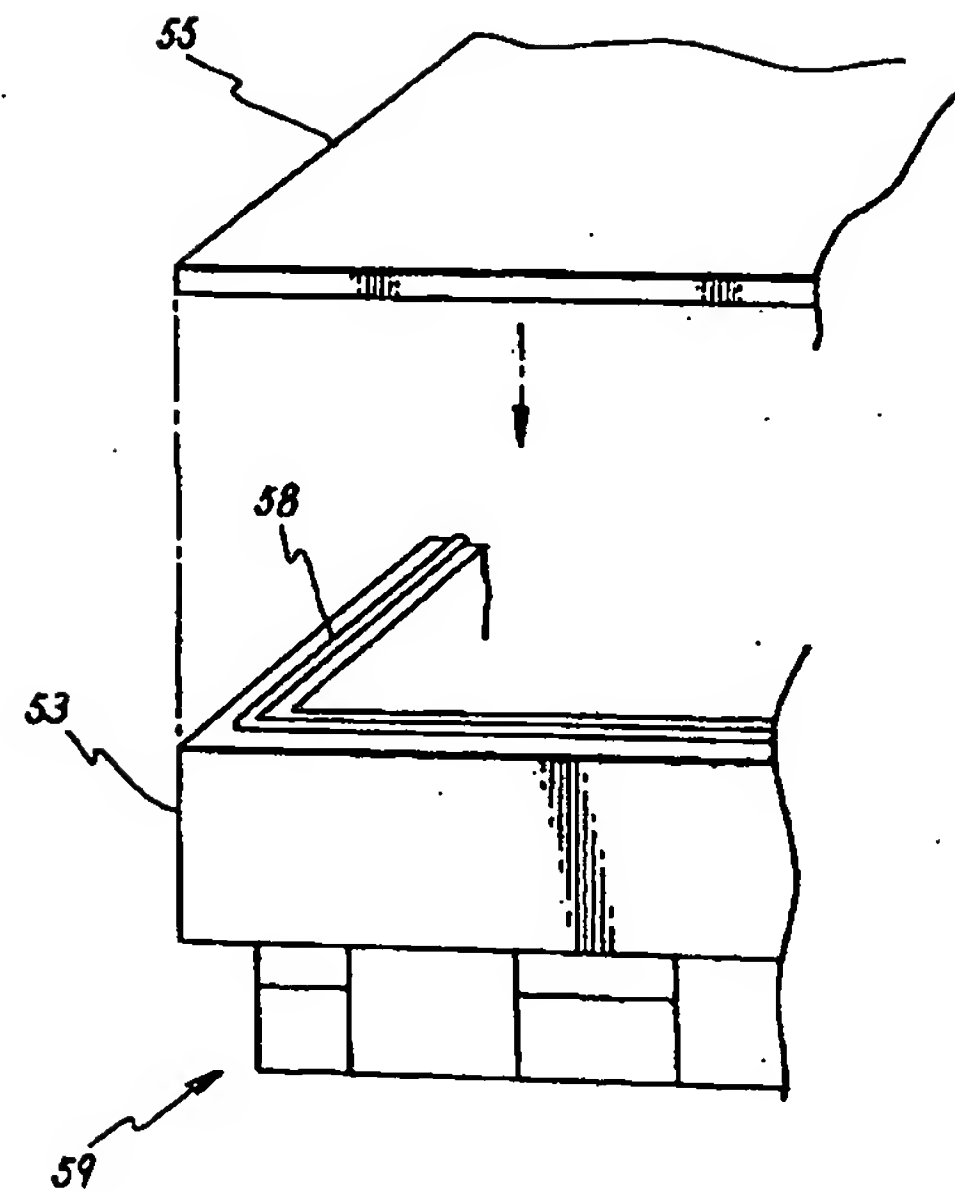
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

